

日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

54024-026

Yamaguchi, et al

January 11, 2001

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

2000年 1月13日

出願番号

Application Number:

特願2000-004942

願人

Applicant(s):

ミノルタ株式会社

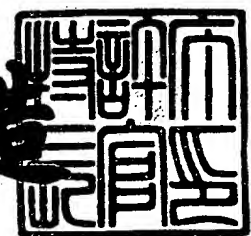
Jc759 U.S. PTO  
09/757654  
01/11/01

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年11月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 P26-0156

【提出日】 平成12年 1月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 9/77

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 山中 睦裕

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 墨友 博則

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

【氏名】 中野 雄介

【特許出願人】

【識別番号】 000006079

【氏名又は名称】 ミノルタ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089233

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

【識別番号】 100088672

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100088845

【弁理士】

【氏名又は名称】 有田 貴弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9805690

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像復元装置および画像復元方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 画像の劣化を復元する画像復元装置であって、  
各画素と前記各画素の近傍の画素との画素値の相違に基づいて画像中の復元領域を決定する領域決定手段と、

前記画像の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記復元領域において前記画像を復元する復元手段と、  
を備えることを特徴とする画像復元装置。

【請求項 2】 画像の劣化を復元する画像復元装置であって、  
画像の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数に基づいて前記画像中の復元領域を決定する領域決定手段と、

前記少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記復元領域において前記画像を復元する復元手段と、  
を備えることを特徴とする画像復元装置。

【請求項 3】 画像の劣化を復元する画像復元装置であって、  
各画素の画素値に基づいて画像中の復元領域を決定する領域決定手段と、  
前記画像の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記復元領域において前記画像を復元する復元手段と、  
を備えることを特徴とする画像復元装置。

【請求項 4】 画像の劣化を復元する画像復元装置であって、  
画像中の復元すべき復元領域を決定する領域決定手段と、  
前記復元領域において前記画像を復元する復元手段と、  
復元された前記画像が適切か否かを判定する判定手段と、  
前記復元手段による前記画像の復元を再度行うために前記復元領域を修正する領域修正手段と、  
を備えることを特徴とする画像復元装置。

【請求項 5】 画像の劣化を復元する画像復元方法であって、  
画像中の復元すべき復元領域を決定する領域決定工程と、

前記復元領域において前記画像を復元する復元工程と、  
復元された前記画像が適切か否かを判定する判定工程と、  
前記判定工程において復元された前記画像が不適切であると判定された場合に、  
前記復元領域を修正し、前記復元工程へと戻る領域修正工程と、  
を有することを特徴とする画像復元方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、画像の劣化を復元する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、CCDに代表される受光素子配列を用いて画像データとして取得される画像に対し、画像の劣化を復元する様々な技術が提案されている。画像の劣化とは、撮像対象から得られるべき理想的な画像に対して実際に得られた画像が劣化していることをいい、例えば、デジタルカメラを用いて得られる画像は、絞り値、焦点距離、ピント位置等に依存する収差により画像が劣化しており、さらに、偽解像を防止するための光学ローパスフィルタによっても劣化している。また、撮影の際の手ぶれによっても画像が劣化する。

【0003】

このような劣化した画像に対して、従来より、画像の劣化をモデル化することで取得された画像を理想的な画像に近づける復元が行われてきた。例えば、画像の劣化は各受光素子に入射すべき光束がガウス分布に従って広がりながら入射することにより生じるものとみなして画像全体に復元関数を作用させたり、画像のエッジを強調するフィルタ（いわゆる、アパーチャ補正フィルタ）を画像全体に作用させる等して画像の復元が行われてきた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、画像の劣化は必ずしも画像全体に生じているとは限らない。例えば、幾何学的模様や背景が一色の被写体を撮影する場合、あるいは、文字認識

用の原稿をスキャンする場合等においては、劣化の影響を受けない領域が画像中に存在する。

## 【 0 0 0 5 】

一方、復元処理を画像全体に行う場合には、復元処理を必要としない領域にまで悪影響を与えてしまう場合もある。例えば、ノイズやエッジの存在する領域にて復元処理を行うとリングングやノイズ強調が生じ、復元を必要としない領域にまで悪影響が及ぶ。

## 【 0 0 0 6 】

そこで、この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、復元処理を特定の領域にのみ行うことにより、画像の復元を適切に行うことを目的としている。

## 【 0 0 0 7 】

## 【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明は、画像の劣化を復元する画像復元装置であって、各画素と前記各画素の近傍の画素との画素値の相違に基づいて画像中の復元領域を決定する領域決定手段と、前記画像の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記復元領域において前記画像を復元する復元手段とを備える。

## 【 0 0 0 8 】

請求項 2 の発明は、画像の劣化を復元する画像復元装置であって、画像の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数に基づいて前記画像中の復元領域を決定する領域決定手段と、前記少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記復元領域において前記画像を復元する復元手段とを備える。

## 【 0 0 0 9 】

請求項 3 の発明は、画像の劣化を復元する画像復元装置であって、各画素の画素値に基づいて画像中の復元領域を決定する領域決定手段と、前記画像の劣化特性を示す少なくとも 1 つの劣化関数を用いて前記復元領域において前記画像を復元する復元手段とを備える。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 4 の発明は、画像の劣化を復元する画像復元装置であって、画像中の復元すべき復元領域を決定する領域決定手段と、前記復元領域において前記画像を

復元する復元手段と、復元された前記画像が適切か否かを判定する判定手段と、前記復元手段による前記画像の復元を再度行うために前記復元領域を修正する領域修正手段とを備える。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 5 の発明は、画像の劣化を復元する画像復元方法であって、画像中の復元すべき復元領域を決定する領域決定工程と、前記復元領域において前記画像を復元する復元工程と、復元された前記画像が適切か否かを判定する判定工程と、前記判定工程において復元された前記画像が不適切であると判定された場合に、前記復元領域を修正し、前記復元工程へと戻る領域修正工程とを有する。

## 【 0 0 1 2 】

## 【発明の実施の形態】

## &lt; 1. 第 1 の実施の形態 &gt;

## &lt; 1.1 デジタルカメラの構成 &gt;

図 1 ないし図 3 はこの発明の第 1 の実施の形態に係るデジタルカメラ 1 の外観を示す図であり、図 1 は正面図、図 2 は背面図、図 3 は左側面図である。なお、図 1 および図 2 ではメモ리카ード 9 1 が装着される様子を図示しており、図 3 ではメモ리카ード 9 1 を図示していない。

## 【 0 0 1 3 】

デジタルカメラ 1 の主な構成は通常のデジタルカメラと同様であり、図 1 に示すように正面には被写体からの光を CCD へと導くレンズユニット 2、および、被写体に向けてフラッシュ光を発するフラッシュ 1 1 が配置され、レンズユニット 2 の上方には被写体を捉えるためのファインダ 1 2 が配置される。

## 【 0 0 1 4 】

また、上面には撮影操作の際に押されるシャッターボタン 1 3 が配置され、図 3 に示すように左側面にはメモ리카ード 9 1 を装着するためのカードスロット 1 4 が設けられる。

## 【 0 0 1 5 】

デジタルカメラ 1 の背面には図 2 に示すように、撮影により取得された画像や操作画面を表示するための液晶ディスプレイ 1 5、撮影モードと再生モードとを

切り替える切替スイッチ 1 6 1、操作者の選択入力を受け付ける 4 ウェイキー 1 6 2 等が配置される。

#### 【 0 0 1 6 】

図 4 はレンズユニット 2 近傍におけるデジタルカメラ 1 の内部構造を示す縦断面図である。レンズユニット 2 は複数のレンズにより構成されるレンズ系 2 1 および絞り 2 2 を内蔵しており、レンズユニット 2 の背後には光学ローパスフィルタ 3 1 および 2 次元の受光素子配列を有する単板カラー CCD 3 2 が順に配置される。すなわち、デジタルカメラ 1 では、レンズ系 2 1、絞り 2 2 および光学ローパスフィルタ 3 1 が被写体からの光を CCD 3 2 へと導く光学系を構成している。

#### 【 0 0 1 7 】

図 5 はデジタルカメラ 1 の動作に係る主な構成を示すブロック図である。なお、図 5 では、シャッターボタン 1 3、切替スイッチ 1 6 1 および 4 ウェイキー 1 6 2 を操作部 1 6 として図示している。

#### 【 0 0 1 8 】

図 5 に示す CPU 4 1、ROM 4 2 および RAM 4 3 は、デジタルカメラ 1 の全体の動作を制御する構成であり、CPU 4 1、ROM 4 2 および RAM 4 3 とともに各種構成が適宜バスラインに接続される。そして、CPU 4 1 が RAM 4 3 を作業領域としつつ ROM 4 2 内のプログラム 4 2 1 に従って演算処理を行うことにより、デジタルカメラ 1 の各部の動作や画像処理が行われる。

#### 【 0 0 1 9 】

レンズユニット 2 にはレンズ系 2 1 および絞り 2 2 とともにこれらを駆動するレンズ駆動部 2 1 1 および絞り駆動部 2 2 1 が設けられており、測距センサの出力や被写体の明るさに応じてレンズ系 2 1 および絞り 2 2 が CPU 4 1 により適宜制御される。

#### 【 0 0 2 0 】

CCD 3 2 は A/D 変換器 3 3 に接続されており、レンズ系 2 1、絞り 2 2 および光学ローパスフィルタ 3 1 を介して形成された被写体の像を画像信号として A/D 変換器 3 3 へと出力する。画像信号は A/D 変換器 3 3 にてデジタル信号



(以下、「画像データ」という。)に変換された後、画像メモリ 3 4 に記憶される。すなわち、光学系、CCD 3 2 および A/D 変換器 3 3 により被写体の画像が画像データとして取得される。

#### 【0 0 2 1】

補正部 4 4 は、画像メモリ 3 4 中の画像データに対してホワイトバランス補正、ガンマ補正、ノイズ除去、色補正、色強調等の各種画像処理を施す。補正後の画像データは V R A M (ビデオ R A M) 1 5 1 へと転送され、これにより、ディスプレイ 1 5 に画像が表示される。また、操作者の操作により、必要に応じて画像データがカードスロット 1 4 を介してメモリカード 9 1 に記録される。

#### 【0 0 2 2】

また、デジタルカメラ 1 では、取得された画像データに対して光学系の影響による劣化を復元する処理が行われるようになっており、この復元処理は、C P U 4 1 が R O M 4 2 内のプログラム 4 2 1 に従って演算処理を行うことにより実現される。なお、デジタルカメラ 1 内部では画像データを処理することにより実質的に画像の処理(補正や復元)が行われるが、以下の説明では、処理対象である「画像データ」を適宜、単に「画像」という。

#### 【0 0 2 3】

##### <1.2 光学系による画像の劣化>

次に、デジタルカメラ 1 における画像の劣化について説明する。画像の劣化とは、デジタルカメラ 1 の CCD 3 2、A/D 変換器 3 3 等を介して取得される画像が、理想的な画像とはならない現象をいう。このような画像の劣化は、被写体上の一点から出た光線が CCD 3 2 上にて一点に集まることなく広がりをもつ分布となるために生じる。換言すれば、理想的な画像が取得される場合において CCD 3 2 の 1 つの受光素子(すなわち、画素)に入射すべき光束が、広がりをもって周囲の受光素子に入射するために画像の劣化が生じる。

#### 【0 0 2 4】

デジタルカメラ 1 では、レンズ系 2 1、絞り 2 2、光学ローパスフィルタ 3 1 により主として構成される光学系による画像の劣化の復元が行われるようになっている。

## 【 0 0 2 5 】

図 6 はレンズユニット 2 による画像の劣化を説明するための図である。図 6 の符号 7 1 は画像全体を示しており、理想的な画像（すなわち、光学系の影響による劣化を受けない画像をいい、以下、「理想画像」という。）としては符号 7 0 1 にて示す領域が明るくなるものとする、実際に得られる画像（以下、「取得画像」という。）では、レンズ系 2 1 の焦点距離およびピント位置（ズームレンズではレンズの繰り出し量に相当する。）、並びに、絞り 2 2 の絞り値に応じて領域 7 0 1 よりも広がった領域 7 1 1 が明るくなる。すなわち、理想的には領域 7 0 1 に対応する CCD 3 2 上の領域に入射すべき光束が、実際には領域 7 1 1 に対応する領域に広がって入射する。

## 【 0 0 2 6 】

また、画像 7 1 の周辺部においても、理想画像の場合に符号 7 0 2 にて示す領域が明るいものとする、取得画像においては符号 7 1 2 にて示すように略楕円状に広がった領域が明るくなる。

## 【 0 0 2 7 】

図 7 ないし図 9 はレンズユニット 2 の光学的影響による画像の劣化を CCD 3 2 の受光素子レベルで説明するための模式図である。図 7 はレンズユニット 2 の影響がない状態（すなわち、理想画像が取得される状態）において、 $3 \times 3$  の受光素子配列の中央の受光素子のみに強度 1 の光束が入射する様子を示している。これに対し、図 8 および図 9 はレンズユニット 2 の影響により図 7 に示す状態が変化する様子を示している。

## 【 0 0 2 8 】

図 8 は CCD 3 2 の中央近傍の様子の一例を示しており、中央の受光素子に強度  $1/3$  の光が入射し、上下左右の隣接する受光素子に強度  $1/6$  の光が入射する様子を示している。すなわち、中央の受光素子に入射すべき光束がレンズユニット 2 の影響により周囲に広がって入射する様子を示している。図 9 は CCD 3 2 の周縁部の様子の一例を示しており、中央の受光素子に強度  $1/4$  の光が入射しつつ左上から右下へと広がりをもって光が入射する様子を示している。

## 【 0 0 2 9 】

このような画像の劣化特性は、理想画像の各画素の画素値を図 8 や図 9 に例示する画素値の分布へと変換する関数（すなわち、点像分布に基づく 2 次元フィルタ）として表現できることから、劣化関数（あるいは、劣化フィルタ）と呼ばれる。

#### 【 0 0 3 0 】

レンズユニット 2 の影響による劣化特性を示す劣化関数は、レンズ系 2 1 による焦点距離、ピント位置、および、絞り 2 2 の絞り値に基づいて受光素子の位置ごとに（すなわち、画素の位置ごとに）予め求めることができる。そこで、デジタルカメラ 1 では、後述するように、レンズユニット 2 からレンズの配置に関する情報および絞り値を得て画素の位置に応じた劣化関数を求め、劣化関数に基づいて取得画像の復元を実現している。

#### 【 0 0 3 1 】

なお、レンズユニット 2 に関する劣化関数は、一般的には、焦点距離、ピント位置、絞り値、および、CCD 3 2 上の（すなわち、画像中の画素の）2 次元座標等をパラメータとする非線形関数となる。また、図 7 ないし図 9 では便宜上、画像の色については言及していないが、カラー画像の場合には RGB 各色に対応した劣化関数、あるいは、各色の劣化関数をまとめた劣化関数が求められる。ただし、処理を簡略化するために色収差を無視し、RGB 各色に対応する劣化関数が同じであるとしてもよい。

#### 【 0 0 3 2 】

図 1 0 は光学ローパスフィルタ 3 1 の影響による劣化を CCD 3 2 の受光素子レベルで説明するための模式図である。光学ローパスフィルタ 3 1 は複屈折光学材料を用いて帯域制限を行うことにより偽解像を防止するものであり、単板カラー CCD の場合には、図 1 0 に例示するように左上の受光素子に入射すべき光をまず矢印 7 2 1 にて示すように上下に分離し、さらに、矢印 7 2 2 にて示すように左右に分離する。

#### 【 0 0 3 3 】

単板カラー CCD では、互いに隣接する 4 つの受光素子のうち、対角線上の 2 つの受光素子にグリーン（G）のフィルタが形成され、残りの 2 つの受光素子に

レッド（R）とブルー（B）のフィルタが形成される。そして、各画素のRGB値は周囲の画素から得られる情報を参照しながら補間処理により求められる。しかしながら、単板カラーCCDにはGの画素がRやBの画素の倍だけ存在することから、CCDから得られるデータをそのまま用いるとGの解像度がRやBの解像度よりも高い画像が得られてしまい、RやBのフィルタが形成された受光素子では捉えることができない被写体像の高周波成分が偽解像として現れる。

## 【0034】

そこで、図10に例示するような特性を有する光学ローパスフィルタ31がCCD32の前面に設けられるが、この光学ローパスフィルタ31の影響によりGの受光素子から得られる画像の高周波成分が劣化されてしまう。

## 【0035】

図11は図10に示す特性を有する光学ローパスフィルタ31により中央の受光素子に入射すべき光束の分布を例示する図、すなわち、光学ローパスフィルタ31に対応した劣化関数の特性を模式的に示す図である。図11に示すように、光学ローパスフィルタ31は中央の受光素子に入射すべき光束を2×2の受光素子に分割する。そこで、デジタルカメラ1では、後述するように、光学ローパスフィルタ31に対応する劣化関数を予め準備しておき、劣化関数に基づく取得画像の復元を実現している。

## 【0036】

なお、光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数を用いる復元では、補間処理後のRGB値から輝度成分を求め、この輝度成分に対して復元が行われる。また、他の復元方法として、G成分の補間処理後にG成分に対して復元が行われ、復元されたG成分を用いてR、B成分が補間されるようになっていてもよい。

## 【0037】

以上の説明では、画素ごとに劣化関数が求められるものとして説明したが、劣化関数としては複数画素の劣化関数をまとめたものや全画素分の劣化関数をまとめたもの（すなわち、複数画素の劣化に相当する変換行列）が求められるようになっていてもよい。

## 【0038】

### ＜1.3 画像の復元＞

次に、劣化関数を用いた取得画像の復元について、3つの具体例を説明する。  
 なお、デジタルカメラ1ではいずれの画像復元方法が採用されてもよい。また、  
 後述するように、デジタルカメラ1では予め復元領域を求めて復元領域にのみ復  
 元処理を施すようになっているが、以下の説明では、まず、画像全体を復元する  
 場合について説明し、続いて復元領域のみを復元する場合について言及する。

【0039】

図12は第1の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。第1の  
 画像復元方法は劣化関数から復元関数を求め、取得画像に復元関数を作用させて  
 復元を行う方法である。

【0040】

理想画像の各画素に劣化関数を作用させた劣化画像を考えた場合、劣化関数は  
 各画素の画素値に基づいて周囲の画素の画素値を変更する作用を有することから  
 、劣化画像は理想画像よりも大きなサイズの画像となる。ここで、理想画像と取  
 得画像とのサイズが同じであるとすると、劣化画像の周囲の画素を削除したもの  
 を取得画像と捉えることができる。したがって、劣化関数とは逆の変換を行う復  
 元関数を求めようとした場合、処理対象領域の外側（すなわち、外周）の情報が  
 欠落しているため復元関数を適切に求めることができない。

【0041】

そこで、第1の画像復元方法では、まず、処理対象領域の外側に仮想的な画素  
 を設け、仮想的な画素の画素値を適宜決定する（ステップS11）。例えば、取  
 得画像の境界の内側の画素の画素値をそのまま境界の外側の画素の画素値として  
 決定する。これにより、修正された取得画像の画素値の配列であるベクトルYと  
 、理想画像の画素値の配列であるベクトルXとは、数1の関係を満たすものと想  
 定することができる。

【0042】

【数1】

$$HX=Y$$

## 【 0 0 4 3 】

ただし、行列  $H$  は各画素の劣化関数を全画素についてまとめた理想画像全体に作用させる劣化関数（以下「画像劣化関数」という。）である。

## 【 0 0 4 4 】

その後、画像劣化関数である行列  $H$  の逆行列  $H^{-1}$  を、画像を復元するための復元関数として求め（ステップ  $S 1 2$ ）、数 2 によりベクトル  $X$  を求める。

## 【 0 0 4 5 】

## 【数 2】

$$X = H^{-1} Y$$

## 【 0 0 4 6 】

すなわち、修正された取得画像に復元関数を作用させて画像の復元を行う（ステップ  $S 1 3$ ）。

## 【 0 0 4 7 】

画像全体ではなく復元領域のみを復元する場合には、上記ベクトル  $X$  および  $Y$  として復元領域の画素の画素値のみが用いられ、ベクトル  $Y$  をベクトル  $X$  に変換する復元関数が求められる。これにより、画像全体を復元する場合に比べて処理量を削減することができる。また、復元領域の周囲の多くの画素の画素値が既知であることから、適正な復元関数を容易に求めることができる。

## 【 0 0 4 8 】

図 1 3 は第 2 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。劣化関数は、一般に理想画像中の特定の周波数成分を減衰させるという特性を有することから、第 2 の画像復元方法では取得画像における特定の周波数成分を復元して画像の復元を行う。

## 【 0 0 4 9 】

まず、取得画像を所定の画素数のブロックに分割し（ステップ  $S 2 1$ ）、各ブロックに 2 次元フーリエ変換（すなわち、離散コサイン変換（ $DC T$ ））を施し、各ブロックを周波数空間へと変換する（ステップ  $S 2 2$ ）。

## 【 0 0 5 0 】

次に、劣化関数の特性に基づいて減衰された周波数成分の復元が行われる（ステップ S 2 3）。具体的には、フーリエ変換されたブロックをフーリエ変換された劣化関数にて割り算する。その後、ブロックに逆フーリエ変換（逆 D C T）を施し（ステップ S 2 4）、復元されたブロックを合成することにより復元画像を得る（ステップ S 2 5）。

## 【 0 0 5 1 】

画像全体ではなく復元領域のみを復元する場合には、復元領域のみがブロックに分割されて処理される。これにより、画像全体を復元する場合に比べて処理量を削減することができる。

## 【 0 0 5 2 】

図 1 4 は第 3 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。第 3 の画像復元方法は、劣化前の画像を仮定し（以下、仮定された画像を「仮定画像」という。）、反復法を用いて仮定画像を更新することにより劣化前の画像を求める方法である。

## 【 0 0 5 3 】

まず、初期状態の仮定画像として、取得画像が用いられる（ステップ S 3 1）。次に、仮定画像に劣化関数（正確には、画像劣化関数である行列 H）を作用させ（ステップ S 3 2）、得られた画像と取得画像との相違が求められ（ステップ S 3 3）、相違に基づいて仮定画像の更新が行われる（ステップ S 3 5）。

## 【 0 0 5 4 】

具体的には、取得画像であるベクトル Y と仮定画像であるベクトル X とに基づいて、W を重み行列（単位行列であってもよい）として、数 3 が最小となるベクトル X を修正された仮定画像として求める。

## 【 0 0 5 5 】

【数 3】

$$[Y - HX]^T W [Y - HX]$$

## 【 0 0 5 6 】

その後、取得画像と劣化された仮定画像との相違が許容範囲内となるまで仮定

画像の更新が繰り返され（ステップS34）、最終的に得られる仮定画像が復元後の画像となる。

#### 【0057】

すなわち、取得画像であるベクトル $Y$ と仮定画像を劣化させた画像であるベクトル $HX$ との相違を各画素の画素値の差の2乗和（または、荷重2乗和）として求めつつ連立一次方程式 $Y = HX$ を反復法で解くことにより、相違が最小となるベクトル $X$ を求める。なお、第3の画像復元方法の詳細について言及された文献としては、例えば、“RESTORATION OF A SINGLE SUPER-RESOLUTION IMAGE FROM SEVERAL BLURRED, NOISY AND UNDER-SAMPLED MEASURED IMAGES”(M.Elad and A.Feuer, IEEE Trans., On Image Processing, Vol.6 No.12 pp1646-1658 Dec/1997)が挙げられる。また、反復法の細部については様々な他の手法を利用することももちろん可能である。

#### 【0058】

画像全体ではなく復元領域のみを復元する場合においても画像全体の処理を行うが、仮定画像のうち復元領域のみが更新される。これにより、復元領域に対する反復計算において解の収束安定性が向上する。

#### 【0059】

第3の画像復元方法を用いることにより、第1および第2の画像復元方法よりも適切な画像復元を行うことができるが、デジタルカメラ1にて採用される画像復元方法は第1ないし第3の画像復元方法のいずれが採用されてもよく、他の方法が用いられてもよい。

#### 【0060】

##### <1.4 復元領域の決定>

既述のように、デジタルカメラ1では、予め取得画像において復元領域を決定し、復元領域のみを復元することにより画像の復元を行うようになっている。次に、デジタルカメラ1における復元領域を決定する一手法として、コントラストを用いた復元領域の決定方法について説明する。なお、コントラストとは、対象となる画素（以下、「対象画素」という。）と近傍の画素との画素値の相違をいうものとする。



## 【 0 0 6 1 】

取得画像における各画素のコントラストを求める手法としてはどのような手法が用いられてもよいが、例えば、対象画素と近傍の画素（隣接 8 画素、近接 2 4 画素等）との画素値の差の総和を用いることができる。また、対象画素と近傍の画素との画素値の差の 2 乗の総和や両画素値の比の総和をコントラストとして用いることも可能である。

## 【 0 0 6 2 】

各画素のコントラストが求められると予め定められたしきい値と各画素のコントラストとが比較され、しきい値よりも大きなコントラストを有する画素の領域が復元領域として決定される。なお、しきい値は露出レベル（すなわち、画像全体の明るさ）が高いほど高く設定され、ノイズレベルが高いほど高く設定される。

## 【 0 0 6 3 】

このような手法により、例えば、図 1 5 に示す取得画像に対して図 1 6 中の符号 7 4 1 にて示す平行斜線を付した領域が復元領域として決定される。

## 【 0 0 6 4 】

## &lt; 1.5 デジタルカメラの動作 &gt;

以上、デジタルカメラ 1 の構成、取得画像の劣化を示す劣化関数、劣化関数を用いた画像の復元、および、復元領域の決定について説明してきたが、次に、復元領域において画像の復元を行うデジタルカメラ 1 の動作について説明する。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 7 は撮影の際のデジタルカメラ 1 の動作の流れを示す流れ図であり、図 1 8 は復元の際のデジタルカメラ 1 の動作の流れを示す流れ図であり、図 1 9 はデジタルカメラ 1 の撮影に係る機能構成を示すブロック図である。図 1 9 において、レンズ制御部 4 0 1、絞り制御部 4 0 2、劣化関数算出部 4 0 3、劣化関数記憶部 4 0 4、復元部 4 0 5 および復元領域決定部 4 0 6 は、CPU 4 1 が ROM 4 2 内のプログラム 4 2 1 に基づいて演算処理を実行することにより CPU 4 1、ROM 4 2、RAM 4 3 等により実現される機能を示している。

## 【 0 0 6 6 】

シャッターボタン 1 3 が押されると、CCD 3 2 上に被写体の像を形成すべくデジタルカメラ 1 の光学系の制御が行われる（ステップ S 1 0 1）。すなわち、レンズ制御部 4 0 1 がレンズ駆動部 2 1 1 に制御信号を与え、これにより、レンズ系 2 1 を構成する複数のレンズの配置が制御される。さらに、絞り制御部 4 0 2 から絞り駆動部 2 2 1 へと制御信号が与えられ、絞り 2 2 が制御される。

## 【 0 0 6 7 】

一方、レンズ制御部 4 0 1 および絞り制御部 4 0 2 からは、レンズ配置に関する情報および絞り値が劣化関数を求めるための劣化情報 4 3 1 として劣化関数算出部 4 0 3 へと送られる（ステップ S 1 0 2）。その後、露光が行われ（ステップ S 1 0 3）、CCD 3 2 等により取得された被写体の画像が画像データとして画像メモリ 3 4 に記憶される。以後の画像処理は画像メモリ 3 4 に記憶された画像データに対して行われる。

## 【 0 0 6 8 】

劣化関数算出部 4 0 3 では、レンズ制御部 4 0 1 および絞り制御部 4 0 2 から与えられた劣化情報 4 3 1 を用いて、レンズ系 2 1 および絞り 2 2 の影響を考慮した各画素の劣化関数が求められる（ステップ S 1 0 4）。求められた劣化関数は劣化関数記憶部 4 0 4 に記憶される。また、劣化関数記憶部 4 0 4 には予め光学ローパスフィルタ 3 1 に関する劣化関数が準備されている。

## 【 0 0 6 9 】

なお、ステップ S 1 0 4 において劣化関数がレンズユニット 2 の構成や特性ごとに一旦個別に求められ、その後、光学系全体を考慮した劣化関数が求められるようになっていてもよい。例えば、レンズ系 2 1 に関する劣化関数、絞り 2 2 に関する劣化関数、および、光学ローパスフィルタ 3 1 に関する劣化関数が個別に準備されてもよく、さらに、レンズ系 2 1 の劣化関数も焦点距離に関する劣化関数、および、ピント位置に関する劣化関数として分離して求められてもよい。

## 【 0 0 7 0 】

また、画素ごとの劣化関数を求める演算処理を簡素化するため、画像中の代表的な画素の劣化関数を求めておいて、他の画素の劣化関数が代表的な画素の劣化関数を補間して求められるようになっていてもよい。

## 【 0 0 7 1 】

劣化関数が求められると、復元領域決定部 4 0 6 により復元領域が決定され、復元部 4 0 5 により取得画像の復元領域に対して既述の復元処理が行われる（ステップ S 1 0 5）。これにより、取得画像における光学系の影響による劣化が復元領域においてのみ復元される。すなわち、光学ローパスフィルタ 3 1 に関する劣化関数を用いた画像の復元が復元領域において行われ、レンズユニット 2 に関する劣化関数を用いた画像の復元が復元領域において行われる。

## 【 0 0 7 2 】

画像の復元の際には、図 1 8 に示すように、まず、しきい値算出部 4 0 7 が取得画像から復元領域決定用のしきい値を算出し（ステップ S 2 0 1）、復元領域決定部 4 0 6 がしきい値と各画素のコントラストとを比較して復元領域を決定する（ステップ S 2 0 2）。その後、光学系に関する劣化関数を用いて既述の復元方法により復元領域における画像の復元を行う（ステップ S 2 0 3）。

## 【 0 0 7 3 】

光学ローパスフィルタ 3 1 に関する劣化関数を用いた画像の復元では、補間処理後の復元領域の各画素の RGB 値から輝度成分および色成分を求め、この輝度成分に対して復元が行われ、輝度成分および色成分が RGB 値へと戻される。

## 【 0 0 7 4 】

一方、レンズユニット 2 に関する劣化関数を用いた画像の復元では、復元領域の各画素の RGB 値のそれぞれに対して色収差を考慮した復元が行われる。もちろん、光学ローパスフィルタ 3 1 およびレンズユニット 2 による画像の劣化の復元を輝度成分にのみ行い、処理を簡略化してもよい。

## 【 0 0 7 5 】

また、光学ローパスフィルタ 3 1 およびレンズユニット 2 による劣化の復元が同時に行われるようになっていてもよい。すなわち、光学系全体の劣化関数を求めた上で、復元領域における画像の復元が行われるようになっていてもよい。

## 【 0 0 7 6 】

復元後の画像は補正部 4 4 により、ホワイトバランス補正、ガンマ補正、ノイズ除去、色補正、色強調等の各種画像処理が施され（ステップ S 1 0 6）、補正

後の画像のデータが画像メモリ34に記憶される。さらに、画像メモリ34内の画像データは適宜、カードスロット14を介してメモリカード91に保存される（ステップS107）。

## 【0077】

以上説明してきたように、デジタルカメラ1では、光学系による劣化特性を示す劣化関数を用いて光学系の影響による画像の劣化を復元領域においてのみ復元することから、リングングの発生やノイズの増加等の劣化していない領域への影響を抑えることができ、取得画像の適切な復元を行うことができる。

## 【0078】

## &lt;2. 第2の実施の形態&gt;

次に、第1の実施の形態におけるデジタルカメラ1の他の復元手法を第2の実施の形態として説明する。なお、第2の実施の形態におけるデジタルカメラ1は図1ないし図5に示した構成と同様であり、基本動作も図17と同様であるため、適宜、同符号を用いて説明する。

## 【0079】

図20は、第2の実施の形態におけるデジタルカメラ1の動作のうち、図17に示すステップS105の内容を示す図である。また、図21はデジタルカメラ1の機能構成のうち、復元部405周辺の機能構成を示すブロック図であり、復元領域修正部408が追加された構成となっている。なお、復元領域修正部408もCPU41、ROM42、RAM43等により実現される機能であり、他の機能構成は、図19と同様である。

## 【0080】

第2の実施の形態に係るデジタルカメラ1では、取得画像を復元する際に、第1の実施の形態と同様に、まず、しきい値算出部407がCCD32により取得された取得画像を用いてコントラストに関するしきい値を算出し（ステップS211）、続いて、復元領域決定部406がしきい値を超えるコントラストを有する画素が存在する領域を復元領域として決定する（ステップS212）。さらに、劣化関数記憶部404に記憶されている劣化関数を用いて復元部405が復元領域において画像の復元を行う（ステップS213）。

## 【 0 0 8 1 】

図 2 2 は、取得画像の例を示す図であり、図 2 3 はコントラストを用いて復元領域を決定し、画像の復元を行った結果を示す図である。コントラストを用いて復元領域を決定する場合、完全に潰れてしまった領域ではコントラストが低くなり、この領域が復元領域には含まれなくなる。すなわち、劣化関数は特定の周波数成分を消去あるいは減少させる特性を有し、例えば、理想画像では縞模様であった領域のコントラストが取得画像ではほぼ 0 となってしまうことがある。図 2 3 において符号 7 5 1 は、復元すべき領域であるにもかかわらず非復元領域とされ、その結果、復元処理が行われなかった領域を例示している。

## 【 0 0 8 2 】

このような復元すべき領域でありながら復元処理が行われなかった領域では、一般に、それと接する処理領域における復元された画素値が、領域の境界線に沿う方向に対して大きく変化する。したがって、デジタルカメラ 1 では、復元後の画像において非復元領域の周囲の画素値の状態（すなわち、画素値のばらつき）を確認し、非復元領域の外周の画素値がばらついている場合には、判定部 4 0 9 が復元領域の修正が必要であると判定するようになっている（ステップ S 2 1 4）。

## 【 0 0 8 3 】

なお、復元すべき非復元領域であるか否かの判定は、反復法を用いる復元の際に隣接する復元領域の境界付近での画素値が収束しないことに注目して行われても良い。

## 【 0 0 8 4 】

復元領域の修正が必要であると判定された場合には（ステップ S 2 1 5）、復元領域修正部 4 0 8 が対象となった非復元領域を縮小する（すなわち、復元領域を拡張する）修正を行う（ステップ S 2 1 6）。そして、修正された復元領域において復元部 4 0 5 が復元処理を再度実行し（ステップ S 2 1 3）、再び判定のステップ（ステップ S 2 1 4）へと戻る。その後、復元領域の修正および復元処理が必要なだけ繰り返される（ステップ S 2 1 3 ～ S 2 1 6）。図 2 4 は、復元領域の修正を伴う画像の復元を行った結果を示す図であり、図 2 3 に示す領域 7

51においても適切に復元が行われた様子を示している。

【0085】

なお、復元領域の拡張後の復元処理は、前回の復元処理後の画像に対して行われてもよく、最初の画像（すなわち、取得画像）に対して行われてもよい。

【0086】

以上のように、非復元領域の境界の状態に基づいて復元領域を拡張して修正することにより、復元処理を施すべき非復元領域を排除することができ、適切な画像の復元が実現される。復元後の画像は第1の実施の形態と同様に補正部44による補正を受けた後、画像メモリ34に記憶される。

【0087】

### <3. 第3の実施の形態>

第1および第2の実施の形態では、光学系による画像の劣化を復元する手法について説明したが、第3の実施の形態では他の原因による画像の劣化を復元する手法として、撮影の際の手ぶれによる画像の劣化を復元するデジタルカメラ1について説明する。デジタルカメラ1の基本構成は図1ないし図5ほぼと同様である。なお、第3の実施の形態では手ぶれ補正についてのみ言及するが、もちろん、光学系による画像の劣化の復元も併せて行われてもよい。

【0088】

図25は手ぶれによる画像の劣化を説明するための図である。図25はCCD32の5×5の受光素子を示しており、中段左側の受光素子に入射すべき強度1の光束が手ぶれにより右側に広がって入射し、その結果、左右に1/5の強度にて分布して入射する様子を例示している。すなわち、点像が劣化により分布を有する像となる際の劣化関数を示している。

【0089】

第3の実施の形態に係るデジタルカメラ1では、変位センサを用いて手ぶれ関する劣化関数を求めることが可能とされており、劣化関数を用いて取得画像を適切に復元することができるようにされている。

【0090】

図26は図17に示すデジタルカメラ1の全体動作のうち、ステップS105

の詳細を示す図であり、図 2 7 は復元部 4 0 5 の周囲の機能構成を示すブロック図である。なお、第 3 の実施の形態に係るデジタルカメラ 1 では、手ぶれの方向および量を検出する変位センサ 2 4（加速度センサにより変位を求めるセンサ）が設けられ、劣化関数が劣化関数記憶部 4 0 4 から復元領域決定部 4 0 6 へと転送される点で第 1 の実施の形態（図 1 9）と相違している。他の機能構成については第 1 の実施の形態と同様である。

#### 【0091】

第 3 の実施の形態において、デジタルカメラ 1 は撮影の際に図 1 7 に示すように、まず、光学系を制御して撮影を行うが（ステップ S 1 0 1，S 1 0 3）、このとき、変位センサ 2 4 からの情報が取得画像の劣化を示す劣化情報 4 3 1 として劣化関数算出部 4 0 3 へと送られる（ステップ S 1 0 2）。その後、劣化関数算出部 4 0 3 が劣化情報 4 3 1 に基づいて図 2 5 に例示する特性を有する劣化関数を算出し（ステップ S 1 0 4）、劣化関数記憶部 4 0 4 に転送する。

#### 【0092】

次に、復元領域の決定および取得画像の復元が行われるが（ステップ S 1 0 5）、図 2 6 に示すように、劣化関数記憶部 4 0 4 から転送されたぶれに関する劣化関数に基づいて復元領域決定部 4 0 6 において復元領域が決定された後（ステップ S 2 2 1）、この劣化関数を用いて復元領域における画像の復元が復元部 4 0 5 により行われる（ステップ S 2 2 2）。

#### 【0093】

取得画像の劣化が図 2 5 に示す劣化特性を有する場合、理想画像中の上下方向に画素値の変化が存在するとしても、左右方向に画素値の変化が存在しない場合には、取得画像では劣化は生じない。例えば、図 2 5 の劣化特性を有する劣化関数の場合、左右方向に伸びる直線を撮影しても画像の劣化は生じない。したがって、復元領域決定部 4 0 6 では、劣化関数に基づいて左右方向（すなわち、ぶれ方向に垂直な方向）に対するコントラストが所定のしきい値以上の画素が存在する領域のみを復元領域として決定する。

#### 【0094】

このように劣化関数に基づいて復元領域を決定することにより、例えば、図 1

5に示す取得画像に対して、図28中に平行斜線にて示す領域742が復元領域として決定される。

【0095】

復元領域の決定および取得画像の復元が完了すると、第1の実施の形態と同様に補正処理が行われた後（ステップS106）、補正後の画像が適宜、画像メモリ34からメモリカード91へと転送される。

【0096】

以上説明してきたように、復元領域の決定は劣化関数に基づいて（例えば、劣化関数から所定の算出式を設定して）行われてもよい。なお、上記説明では手ぶれに関する劣化関数を用いたが、他の劣化関数が用いられてもよい。例えば、劣化関数の周波数特性を参照し、所定の周波数成分が失われた領域や、いわゆる2線ぼけが生じている領域が復元領域として決定されてもよい。さらに、第2の実施の形態のように復元領域の修正が行われてもよい。

【0097】

#### <4. 第4の実施の形態>

次に、第1の実施の形態において他の手法により復元領域を決定する例を第4の実施の形態として説明する。デジタルカメラ1の構成および基本動作は図1ないし図5、図17、並びに、図19と同様であり、同符号を用いて説明を行う。なお、第4の実施の形態に係るデジタルカメラ1は光学系以外の様々な原因に基づく画像の劣化を復元する際に利用することも可能である。

【0098】

図29は第4の実施の形態における復元処理（図17：ステップS105）の流れを示す流れ図である。第4の実施の形態では、復元領域の決定が輝度に基づいて行われる。すなわち、取得画像の明るさに基づいて所定のしきい値が算出され（ステップS231）、輝度が所定のしきい値以下の領域を復元領域として決定する（ステップS232）。

【0099】

その後、復元領域において光学系に関する劣化関数を用いて第1の実施の形態と同様にして復元処理を行う（ステップS233）。



## 【 0 1 0 0 】

以上のように、第 4 の実施の形態では輝度に基づいて復元領域を決定する。これにより、例えば、白い背景にて撮影された被写体の画像に対して背景を確実に非復元領域とすることができる。その結果、画像全体に復元処理を施した場合に主被写体の周囲にリングングが生じてしまったり、背景のノイズが強調されてしまうことを適切に防止することができる。

## 【 0 1 0 1 】

特に、上記説明ではデジタルカメラを用いて説明を行ったが、スキャナにて文字の画像を取得して文字認識を行う場合には適切な文字認識が実現される。

## 【 0 1 0 2 】

また、上記説明では輝度が所定のしきい値以下の領域を復元領域として決定するものとして説明したが、もちろん、背景の明るさに応じて輝度が所定のしきい値以上の領域を復元領域として決定してもよい。さらに、背景の明るさが既知の場合には、輝度が所定の範囲内の領域を復元領域としてもよい。

## 【 0 1 0 3 】

また、証明写真のように背景が所定の色の場合には、所定の色の範囲内の領域が復元領域として決定されてもよい。すなわち、画素の画素値（輝度を含む）に基づいて復元領域を決定することにより、処理領域を適切に決定することができ、画像の適切な復元を実現することができる。

## 【 0 1 0 4 】

なお、第 4 の実施の形態も第 2 の実施の形態と同様に、復元領域の修正が行われるようになっていてもよい。

## 【 0 1 0 5 】

## &lt; 5. 第 5 の実施の形態 &gt;

図 3 0 はこの発明の第 5 の実施の形態を示す図である。第 1 ないし第 4 の実施の形態では、デジタルカメラ 1 にて画像の復元が行われるようになっているが、第 5 の実施の形態では、コンピュータ 5 にて画像の復元が行われるようになっている。すなわち、画像復元機能を有しないデジタルカメラ 1 とコンピュータ 5 との間でメモリカード 9 1 や通信ケーブル 9 2 を用いてデータの受け渡しを可能と

し、デジタルカメラ 1 にて取得された画像をコンピュータ 5 にて復元するようになっている。

## 【 0 1 0 6 】

なお、コンピュータ 5 による復元処理は、第 1 ないし第 4 の実施の形態における復元処理のいずれが行われてもよいが、以下の説明では、第 2 の実施の形態と同様に、光学系による画像の劣化の復元および復元領域の修正が行われるものとして説明する。

## 【 0 1 0 7 】

また、第 5 の実施の形態に係るデジタルカメラ 1 は、画像の復元を行わないという点を除いて第 1 の実施の形態と同様であり、以下の説明では第 1 の実施の形態と同様の構成については同符号を付して説明する。また、デジタルカメラ 1 からのデータの出力はカードスロット 1 4 や出力端子等の任意の出力手段から出力されてよいが、以下の説明においては、メモリカード 9 1 を介してデジタルカメラ 1 からコンピュータ 5 へとデータが転送されるものとして説明を行う。

## 【 0 1 0 8 】

コンピュータ 5 には予め磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク等の記録媒体 8 を介して復元処理を行うプログラムがインストールされており、コンピュータ 5 内の CPU が RAM を作業領域としてプログラムに従った処理を行うことにより、コンピュータ 5 内にて画像の復元処理が実行される。

## 【 0 1 0 9 】

図 3 1 は、メモリカード 9 1 に記録されるデータの構造を示す模式図である。デジタルカメラ 1 では、通常のデジタルカメラ 1 と同様の手法にて画像を画像データとして取得するが、同時に、光学系が画像に与える劣化特性を示す劣化関数も求める（あるいは、予め記憶されている）ようになっており、画像データ 9 1 1 と劣化関数 9 1 2 とが組み合わされてメモリカード 9 1 へと出力される。

## 【 0 1 1 0 】

図 3 2 は第 5 の実施の形態に係るデジタルカメラ 1 の撮影の際の動作の流れを示す流れ図であり、図 3 3 はコンピュータ 5 における動作の流れを示す流れ図である。また、図 3 4 は復元処理に関連するデジタルカメラ 1 およびコンピュータ

5の機能構成を示すブロック図である。図34では、デジタルカメラ1の機能構成のうち画像データと劣化関数とをメモリカード91に記録するための構成のみを図示しており、コンピュータ5に関してはメモリカード91内のデータを読み出すカードスロット51、固定ディスク52、並びに、CPU、RAM等により実現される機能である復元部505、復元領域決定部506および復元領域修正部508のみを図示している。以下、図32ないし図34を参照しながら第5の実施の形態におけるデジタルカメラ1およびコンピュータ5の動作について説明する。

#### 【0111】

デジタルカメラ1にて撮影が行われる際には、第1の実施の形態と同様に（図19参照）、レンズ制御部401および絞り制御部402による光学系の制御が行われ（図32：ステップS111）、光学系の情報が劣化情報431として取得される（ステップS112）。その後、CCD32への露光が行われて（ステップS113）、撮影された画像が画像データとして取得される。

#### 【0112】

劣化関数算出部403では、レンズユニット2に関する劣化情報431に基づいて劣化関数が求められ（ステップS114）、劣化関数記憶部404に転送される。また、第1の実施の形態と同様に、劣化関数記憶部404には予め光学ローパスフィルタ31に関する劣化関数が記憶されている。一方、取得された画像には補正部44による補正処理が行われ、画像メモリ34に記憶される（正確には、画像メモリ34内の画像データに対して補正処理が行われる。）（ステップS115）。

#### 【0113】

その後、デジタルカメラ1では、図34に示すように補正後の画像に相当する画像データおよび劣化関数をカードスロット14を介してメモリカード91に出力する（ステップS116）。

#### 【0114】

メモリカード91に画像データおよび劣化関数が保存されると、メモリカード91がコンピュータ5のカードスロット51に装着され、コンピュータ5が固定

ディスク 5 2 へと画像データおよび劣化関数を読み込んで復元処理に必要なデータを準備する（図 3 3 : ステップ S 1 2 1）。

【 0 1 1 5 】

その後、画像データが示す画像に基づいて復元領域決定部 5 0 6 が復元領域を決定し、復元部 5 0 5 および復元領域修正部 5 0 8 により劣化関数を用いる既述の復元処理および復元領域の修正が繰り返し行われる（ステップ S 1 2 2）。これらの動作は図 2 0 に示す第 2 の実施の形態における復元処理と同様である。

【 0 1 1 6 】

画像の復元が完了すると、復元後の画像が固定ディスク 5 2 に保存される（ステップ S 1 2 3）。

【 0 1 1 7 】

以上のように、第 5 の実施の形態に係るデジタルカメラ 1 では、画像データとともに劣化関数を外部へ出力するようになっており、コンピュータ 5 では、復元領域の決定および劣化関数を用いた復元処理が行われる。これにより、デジタルカメラ 1 では復元処理を行う必要がないため、第 1 の実施の形態に比べて（特に、画素数の大きな画像を取得する場合に）、撮影開始から画像データの保存までの時間を短縮することができる。

【 0 1 1 8 】

< 6. 変形例 >

以上、この発明の実施の形態としてデジタルカメラ 1 を用いて取得される画像を復元する例について説明してきたが、この発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。

【 0 1 1 9 】

例えば、上記実施の形態では、劣化関数として、レンズユニット 2 に係る劣化関数、光学ローパスフィルタ 3 1 に係る劣化関数、および、手ぶれに係る劣化関数について説明したが、他の種類の劣化関数が求められる（または、予め準備される）ようになっていてもよい。また、3 C C D のデジタルカメラ 1 においてレンズユニット 2 に関する劣化関数のみ、あるいは、絞り 2 2 に関する劣化関数のみを利用する場合のように、1 種類の劣化関数のみを用いて画像の特定種類の劣

化のみが復元されるようになっていてもよい。

【 0 1 2 0 】

また、既述のように、劣化関数は全画素について求められる必要はなく、代表的な画素（すなわち、受光素子）に関する劣化関数が L U T 等を用いて求められた上で、他の画素の劣化関数が補間により求められてもよい。また、光学ローパスフィルタ 3 1 に関する劣化関数のように、劣化関数が全画素について一定である場合には予め R O M 4 2 に 1 つの劣化関数を準備しておくだけで足りる。

【 0 1 2 1 】

すなわち、少なくとも 1 種類の劣化関数を少なくとも 1 つ利用することにより、特定の種類の劣化を適切に復元することができる。

【 0 1 2 2 】

また、上記実施の形態では、劣化関数の算出や画像の復元がデジタルカメラ 1 やコンピュータ 5 内の C P U、R O M および R A M により行われると説明したが、デジタルカメラ 1 のレンズ制御部 4 0 1、絞り制御部 4 0 2、劣化関数算出部 4 0 3、復元部 4 0 5、復元領域決定部 4 0 6 および復元領域修正部 4 0 8、並びに、コンピュータ 5 の復元部 5 0 5、復元領域決定部 5 0 6 および復元領域修正部 5 0 8 は専用の電氣的回路で構築されていてもよく、一部のみ専用の電氣的回路で構築されていてもよい。

【 0 1 2 3 】

また、デジタルカメラ 1 による画像の復元に係るプログラム 4 2 1 は、予めメモリカード 9 1 等の記録媒体を介してデジタルカメラ 1 にインストールされるようになっていてもよい。

【 0 1 2 4 】

さらに、この発明は、デジタルカメラ 1 により取得される画像の復元に限定されるものではなく、受光素子配列を用いて画像を取得する他の撮像装置、例えば、電子顕微鏡やフィルムスキャナ等により取得される画像の復元にも利用される。もちろん、受光素子配列は 2 次元配列に限定されるものではなく、スキャナのように 1 次元配列であってもよい。

【 0 1 2 5 】

また、復元領域の決定方法や復元領域の修正方法も上記実施の形態に限定されるものではなく様々な方法が利用可能である。例えば、取得画像の空間周波数の分布や変化に基づいて復元領域が決定されてもよく、復元領域に囲まれた非復元領域を強制的に復元領域としてもよい。

【 0 1 2 6 】

また、復元領域を決定する際のしきい値を2種類求め、2つのしきい値を用いて復元領域、半復元領域および非復元領域の3つの領域に分割した後、半復元領域では復元前後の画素値の平均値（または、加重平均値）へと更新されるようになっていてもよい。これにより、復元領域と非復元領域との間の明瞭な境界をなくすることができる。

【 0 1 2 7 】

【発明の効果】

請求項1ないし3に記載の発明では、復元領域において画像を復元するので画像の適切な復元を行うことができる。

【 0 1 2 8 】

また、請求項4および5に記載の発明では、復元領域を修正するので、さらに適切な画像の復元を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施の形態におけるデジタルカメラの正面図である。

【図2】

デジタルカメラの背面図である。

【図3】

デジタルカメラの側面図である。

【図4】

レンズユニット近傍の縦断面図である。

【図5】

デジタルカメラの構成を示すブロック図である。

【図6】

レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 7】

レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 8】

レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 9】

レンズユニットによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 1 0】

光学ローパスフィルタによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 1 1】

光学ローパスフィルタによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 1 2】

第 1 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。

【図 1 3】

第 2 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。

【図 1 4】

第 3 の画像復元方法における処理の流れを示す流れ図である。

【図 1 5】

取得画像の例を示す図である。

【図 1 6】

復元領域の例を示す図である。

【図 1 7】

撮影の際のデジタルカメラの動作の流れを示す流れ図である。

【図 1 8】

第 1 の実施の形態における復元処理の流れを示す流れ図である。

【図 1 9】

デジタルカメラの機能構成を示すブロック図である。

【図 2 0】

第 2 の実施の形態における復元処理の流れを示す流れ図である。

【図 2 1】

第 2 の実施の形態におけるデジタルカメラの機能構成の一部を示すブロック図である。

【図 2 2】

取得画像の例を示す図である。

【図 2 3】

復元後の画像の例を示す図である。

【図 2 4】

復元後の画像の例を示す図である。

【図 2 5】

手ぶれによる画像の劣化を説明するための図である。

【図 2 6】

第 3 の実施の形態における復元処理の流れを示す流れ図である。

【図 2 7】

第 3 の実施の形態におけるデジタルカメラの機能構成の一部を示すブロック図である。

【図 2 8】

復元領域の例を示す図である。

【図 2 9】

第 4 の実施の形態における復元処理の流れを示す流れ図である。

【図 3 0】

第 5 の実施の形態に係る全体構成を示す図である。

【図 3 1】

メモリカード内のデータ構造を示す模式図である。

【図 3 2】

撮影の際のデジタルカメラの動作の流れを示す流れ図である。

【図 3 3】

コンピュータの動作の流れを示す流れ図である。

【図 3 4】



デジタルカメラおよびコンピュータの機能構成を示すブロック図である。

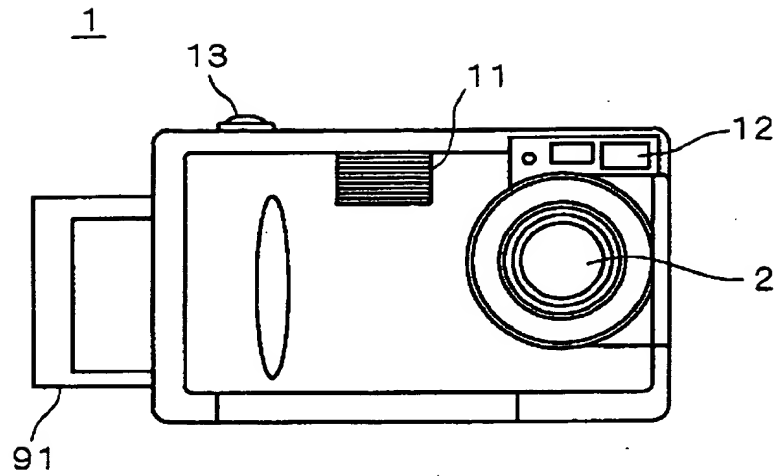
【符号の説明】

- 1 デジタルカメラ
- 5 コンピュータ
- 7 4 1, 7 4 2 復元領域
- 4 1 CPU
- 4 2 ROM
- 4 3 RAM
- 4 0 6, 5 0 6 復元領域決定部
- 9 1 2 劣化関数
- 4 0 5, 5 0 5 復元部
- 4 0 8, 5 0 8 復元領域修正部
- 4 0 9 判定部
- S 2 1 2 ~ S 2 1 6 ステップ

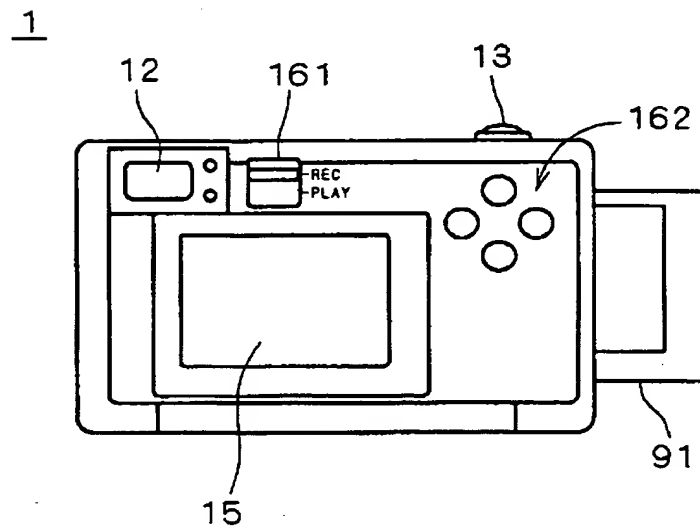
【書類名】

図面

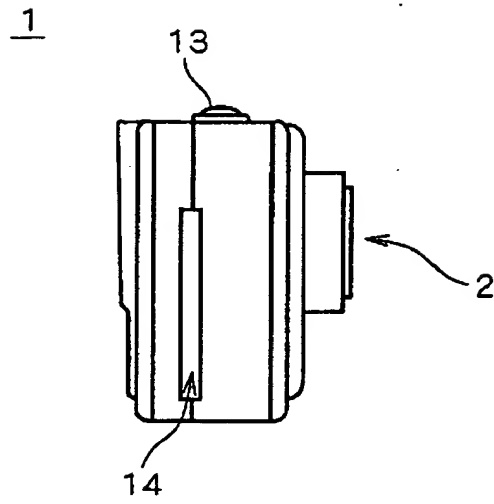
【図 1】



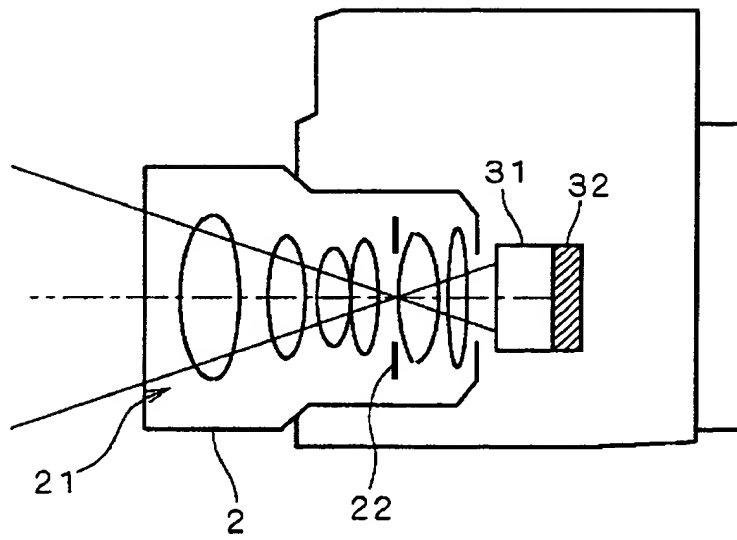
【図 2】



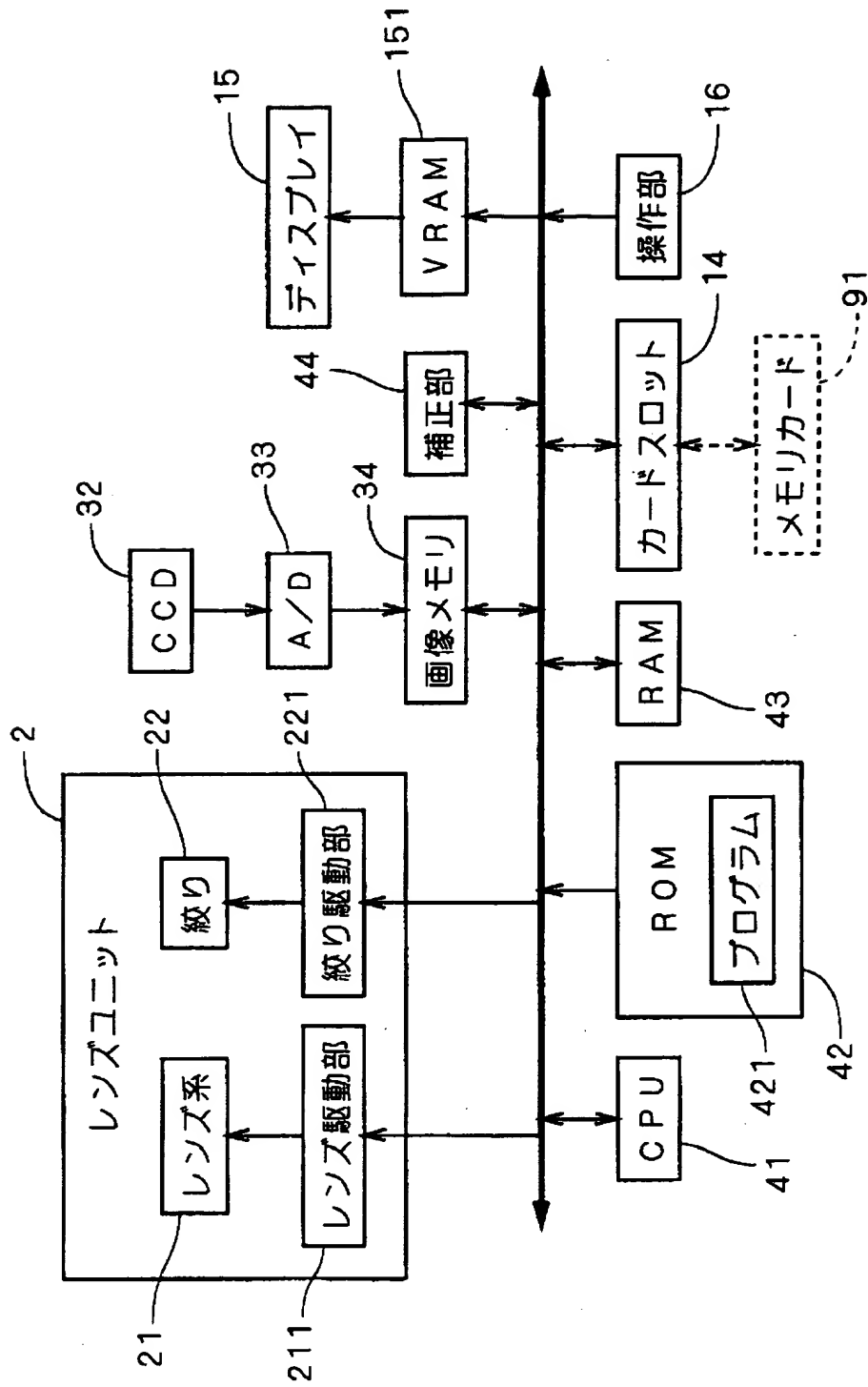
【図 3】



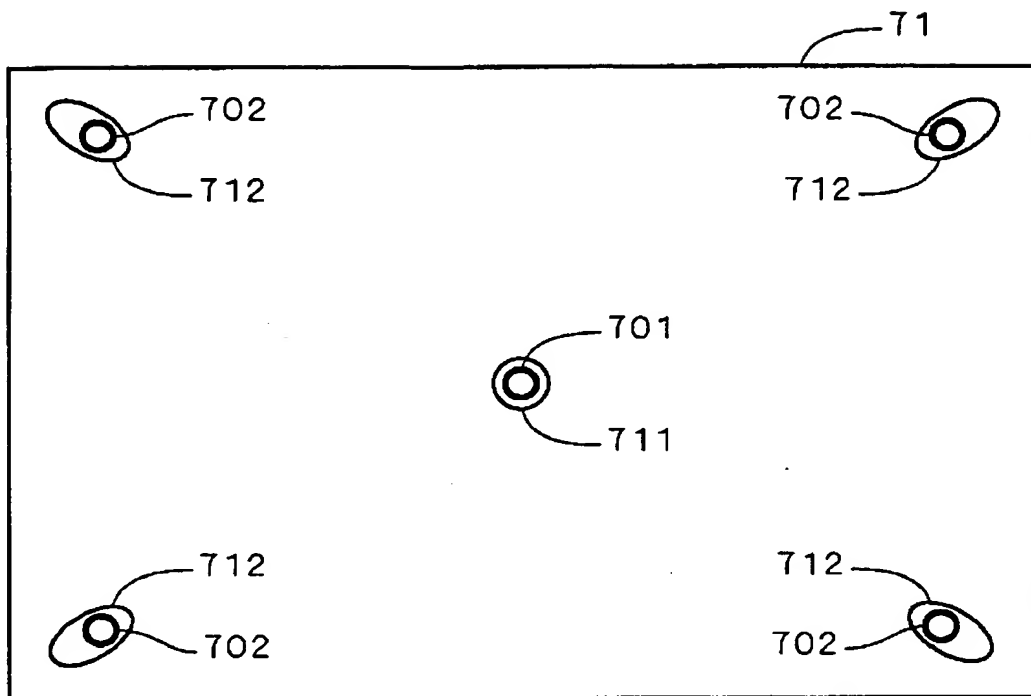
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

0	0	0
0	1	0
0	0	0

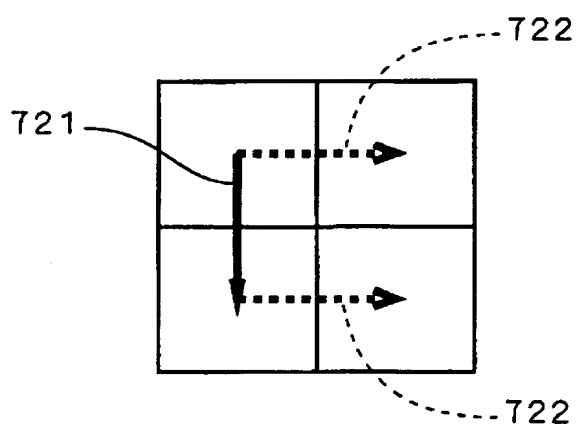
【図 8】

0	$\frac{1}{6}$	0
$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$
0	$\frac{1}{6}$	0

【図 9】

$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	0
$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
0	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$

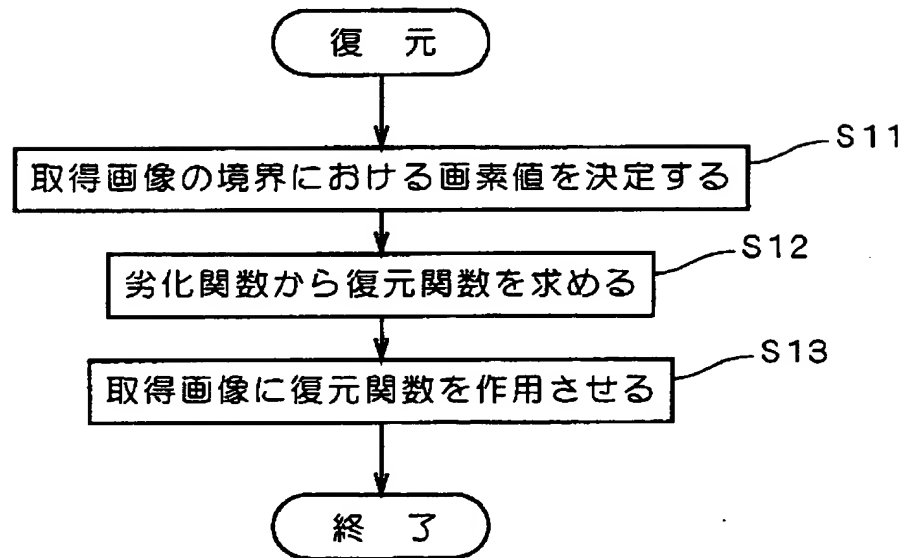
【図 1 0】



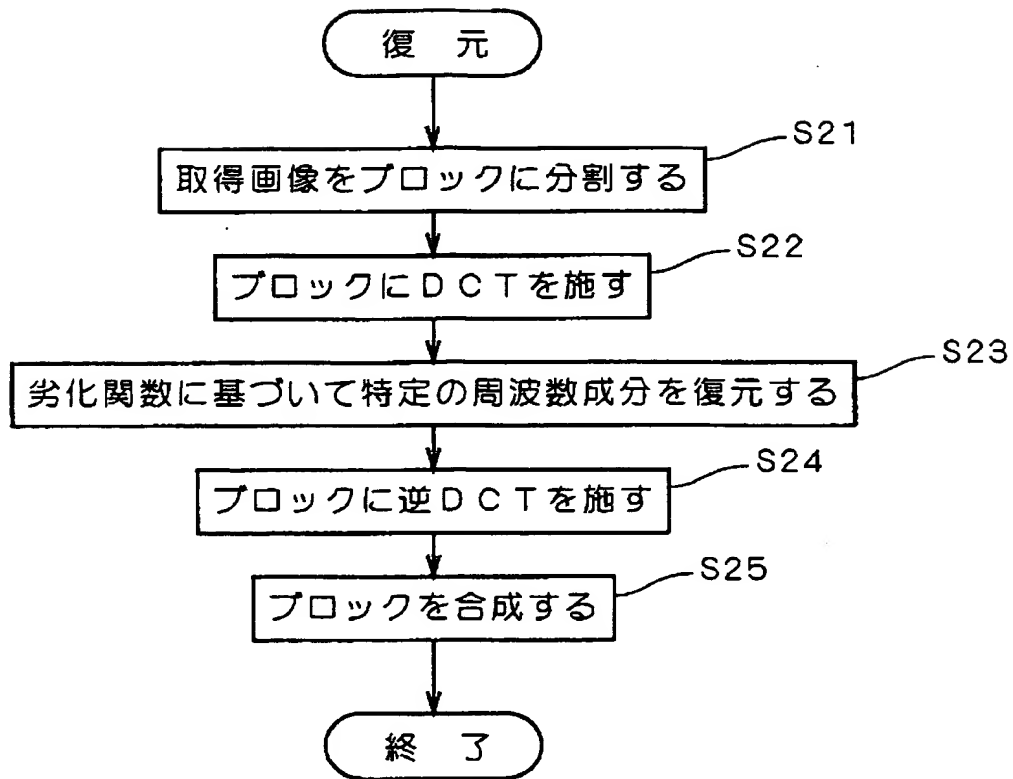
【図 1 1】

0	0	0
0	1/4	1/4
0	1/4	1/4

【図 1 2】

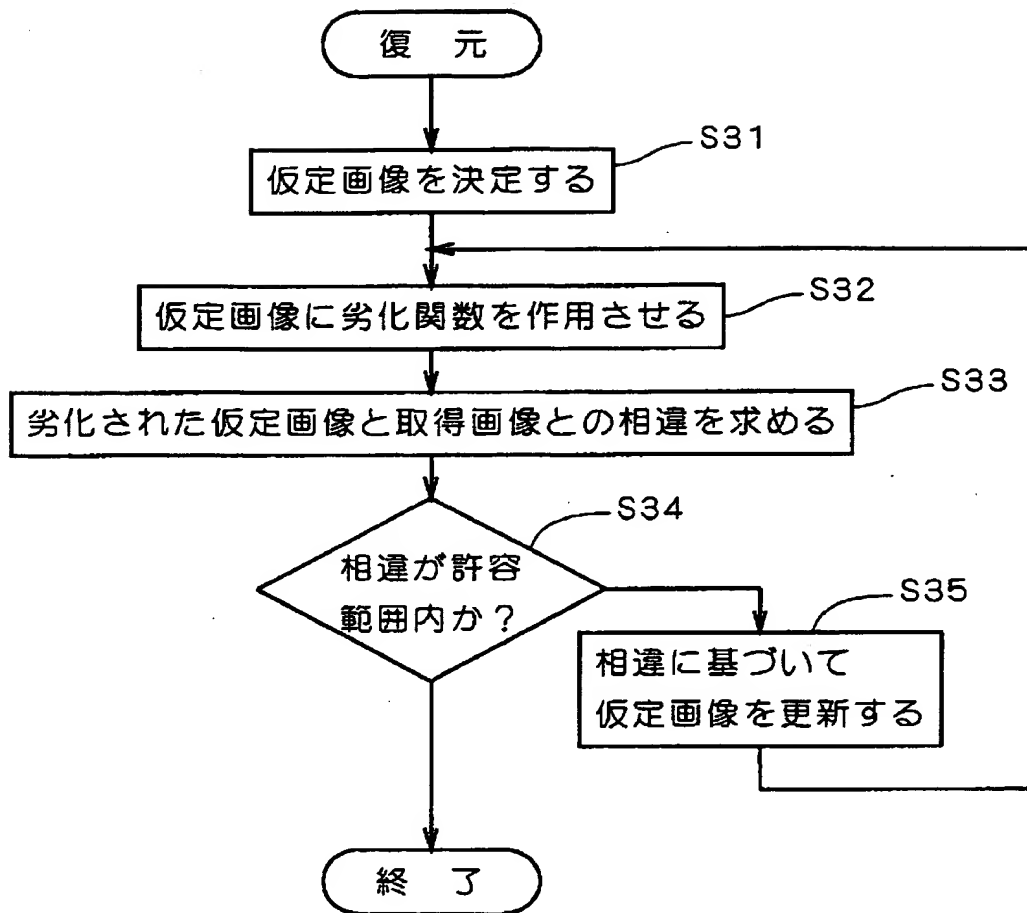


【図 13】

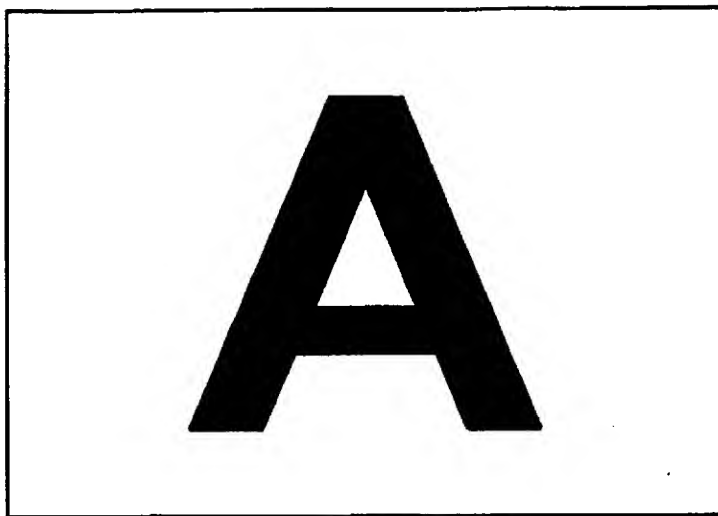




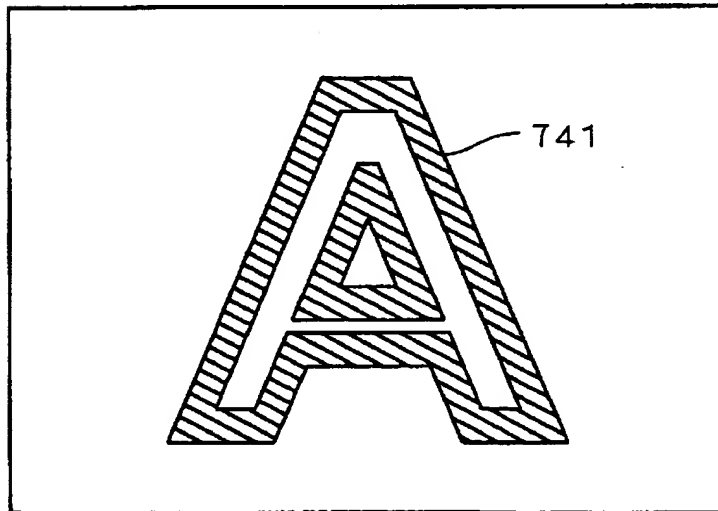
【図 14】



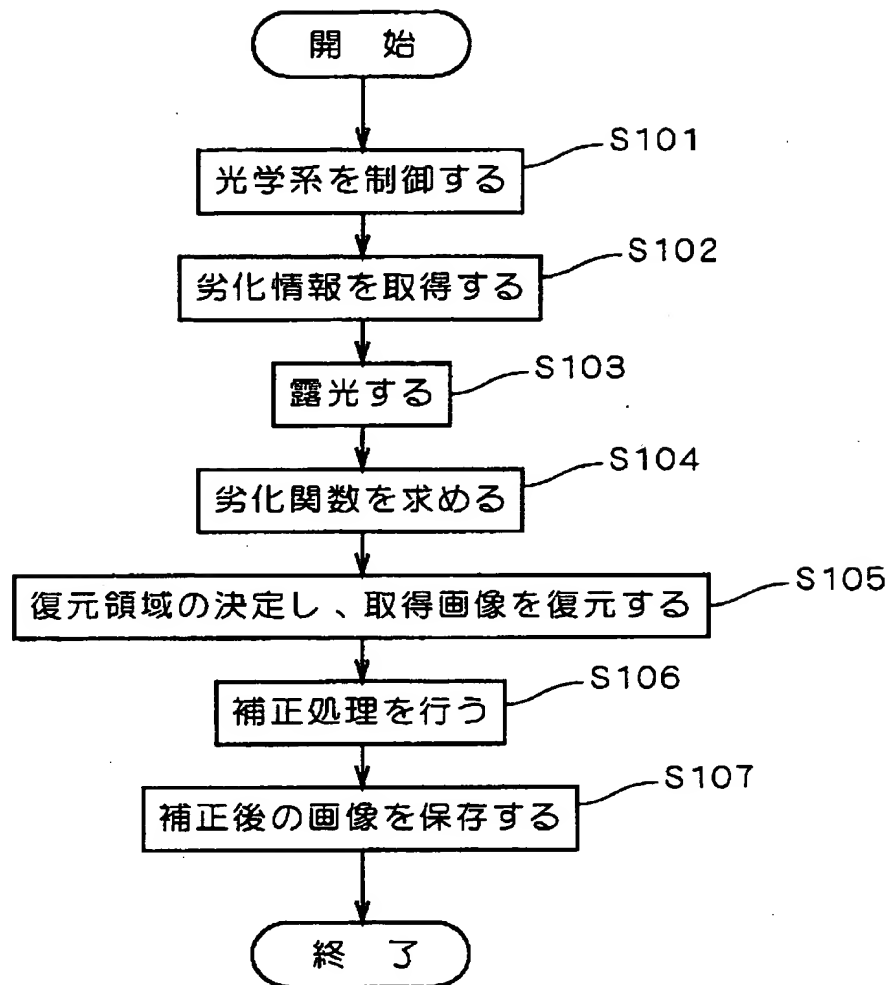
【図 1 5】



【図 1 6】

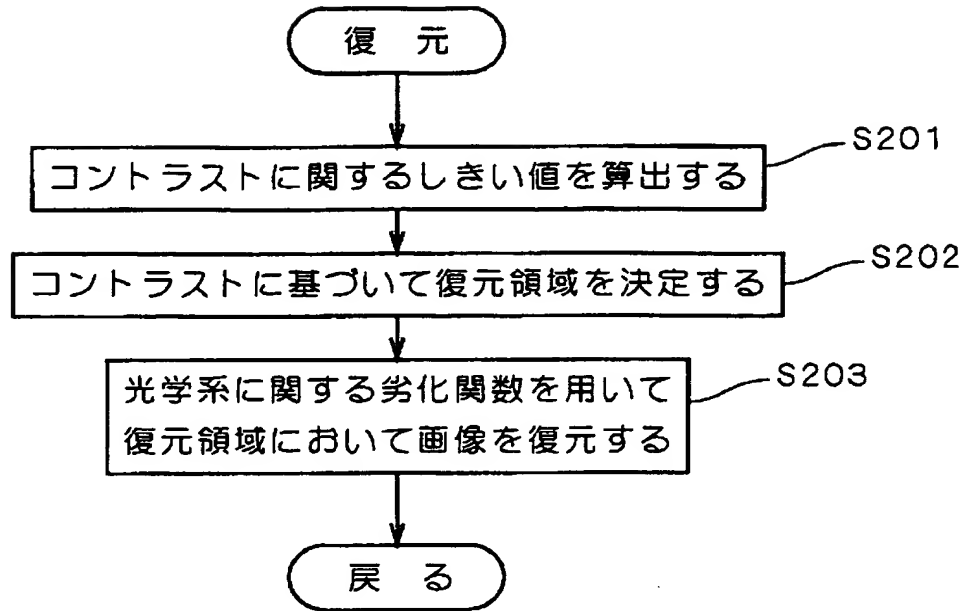


【図 17】

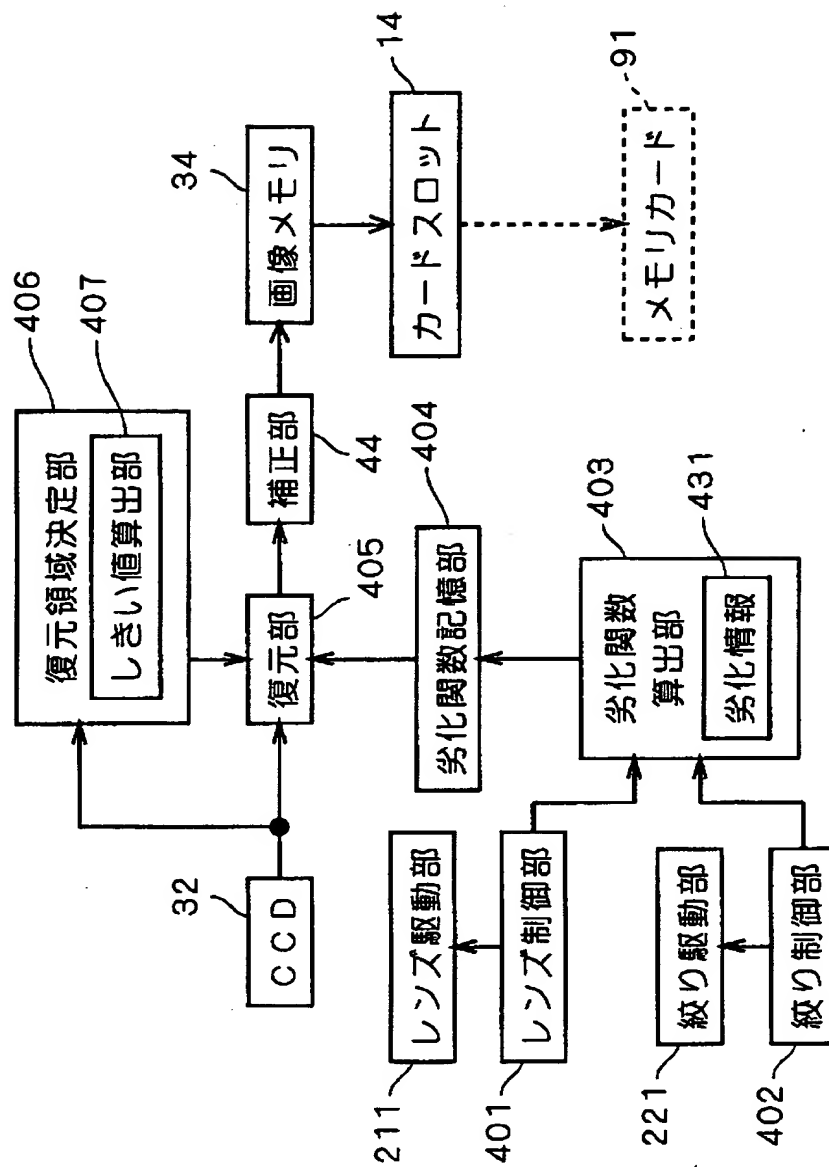


【図 18】

S105

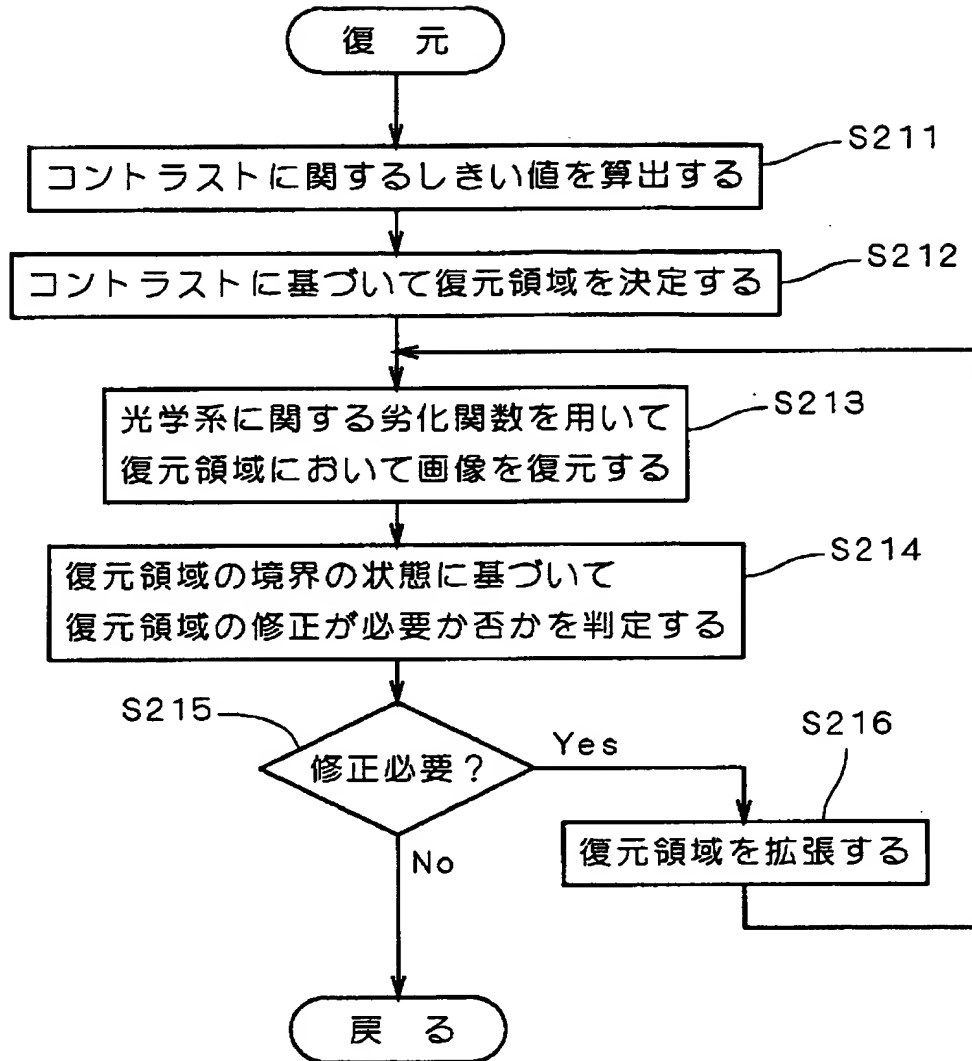


【图 19】

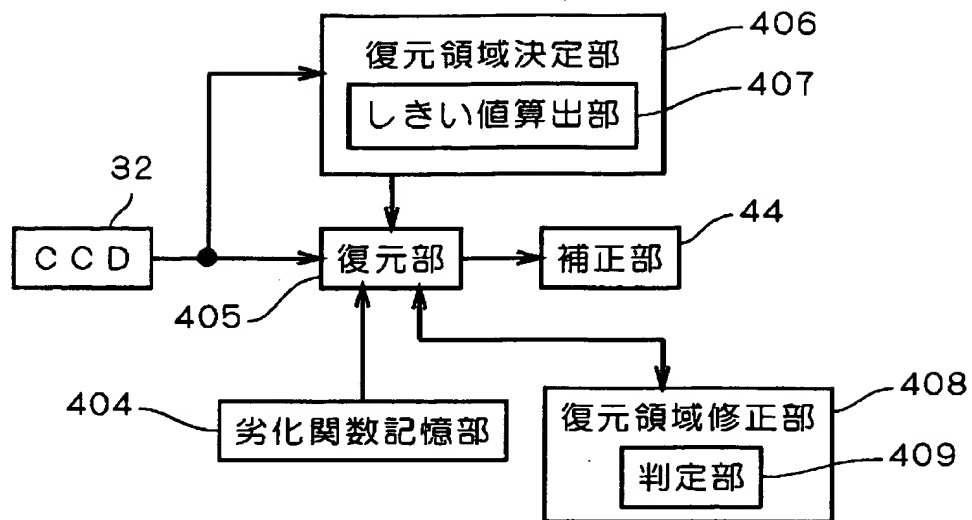


【図 20】

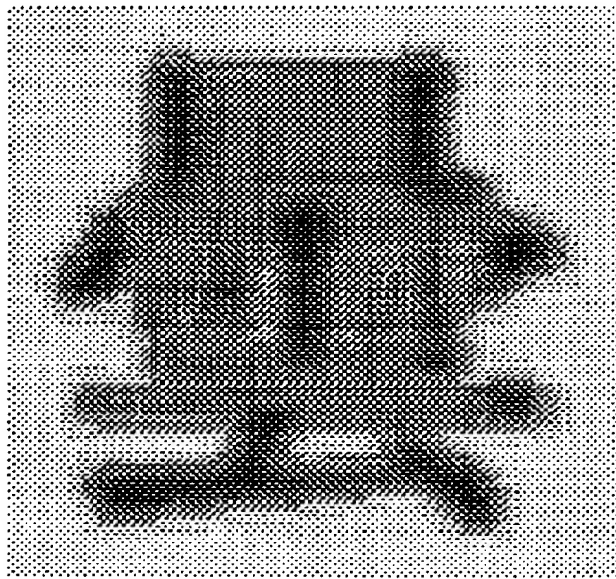
S105



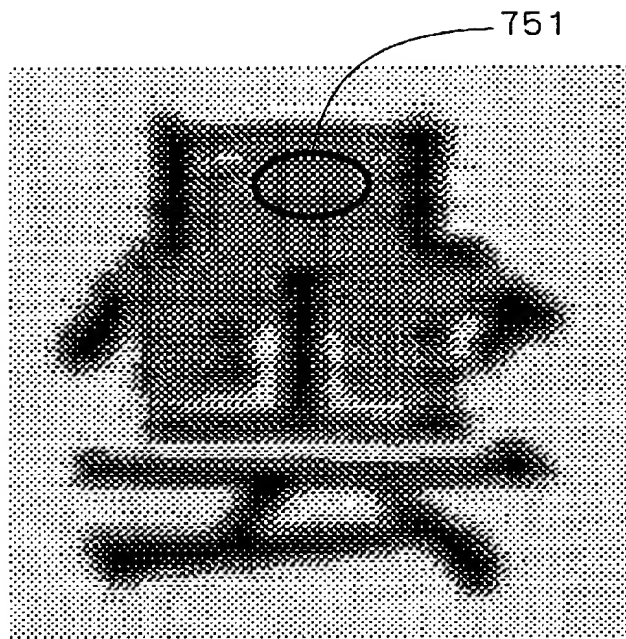
【図 2 1】



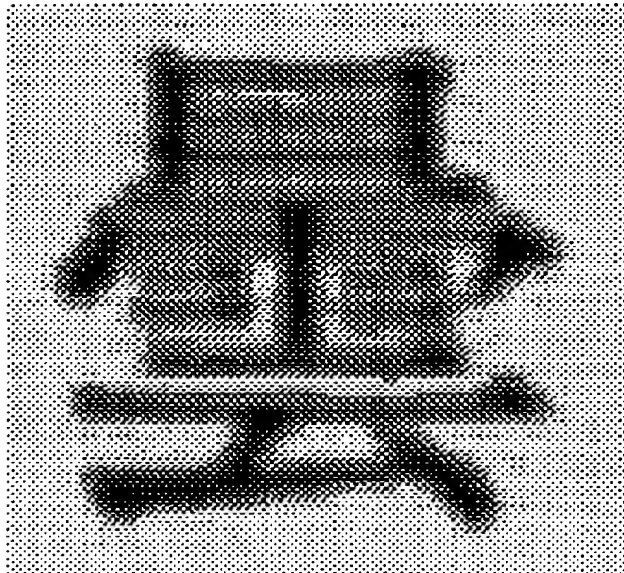
【図 2 2】



【図23】



【図24】



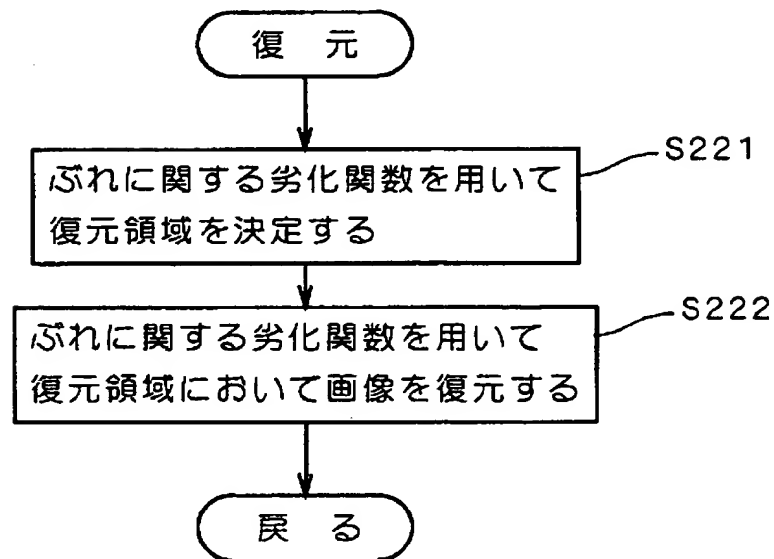


【図 2 5】

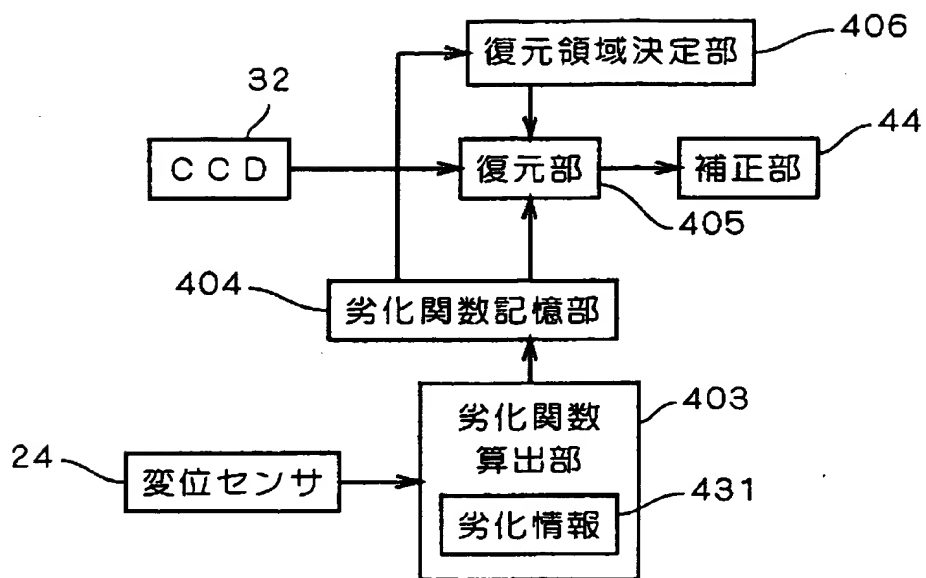
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

【図 2 6】

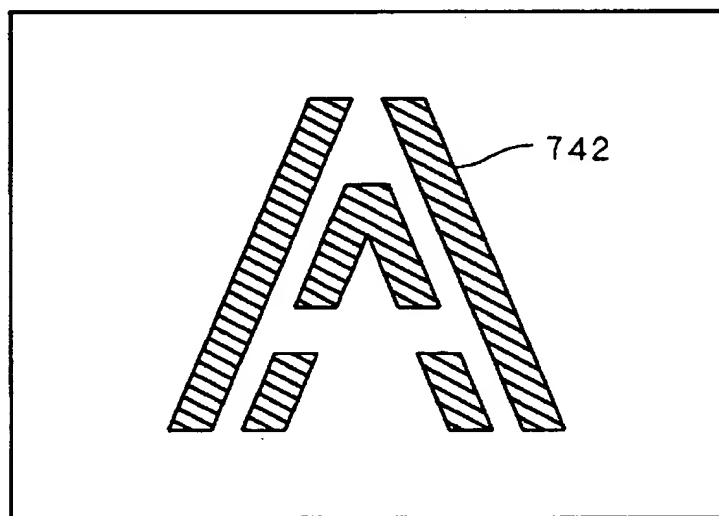
S105



【図 27】

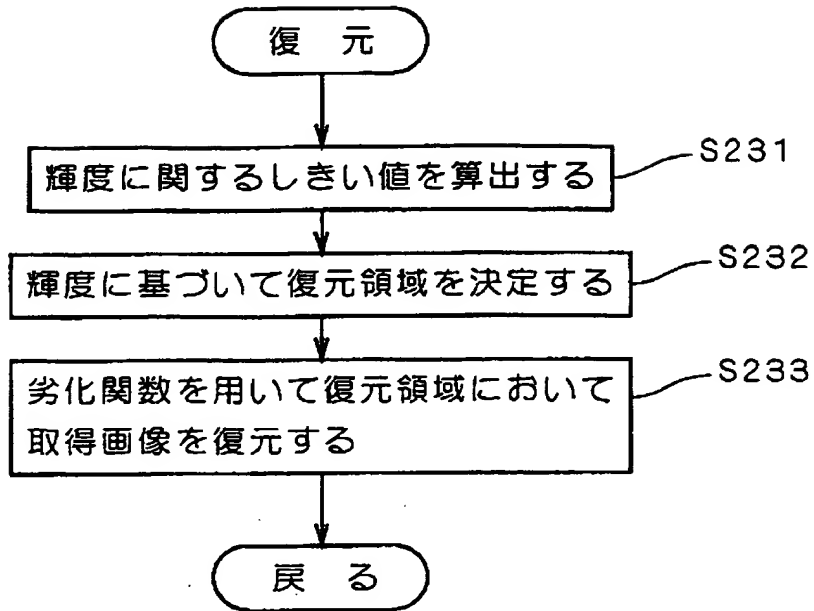


【図 28】

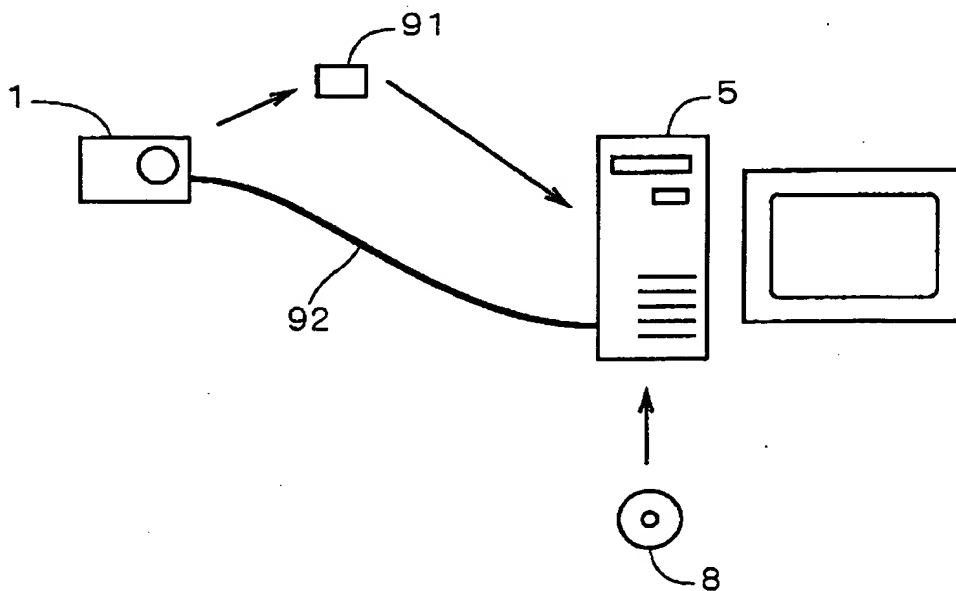


【図 2 9】

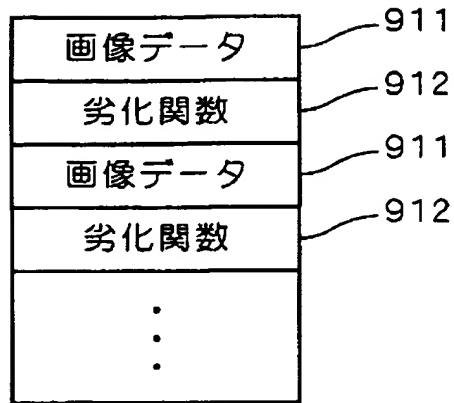
S105



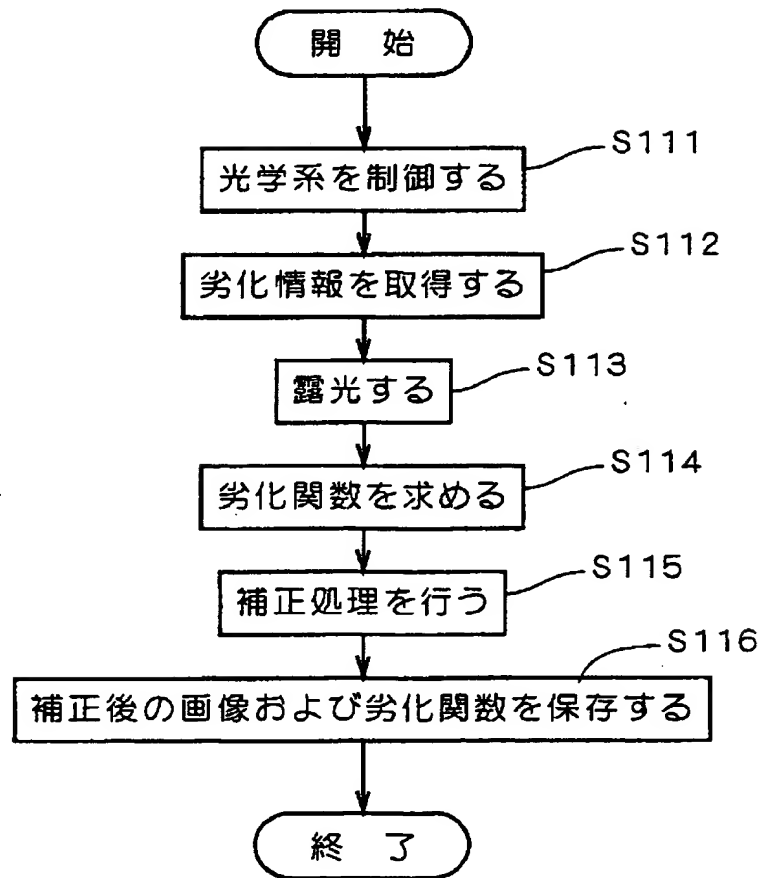
【図 3 0】



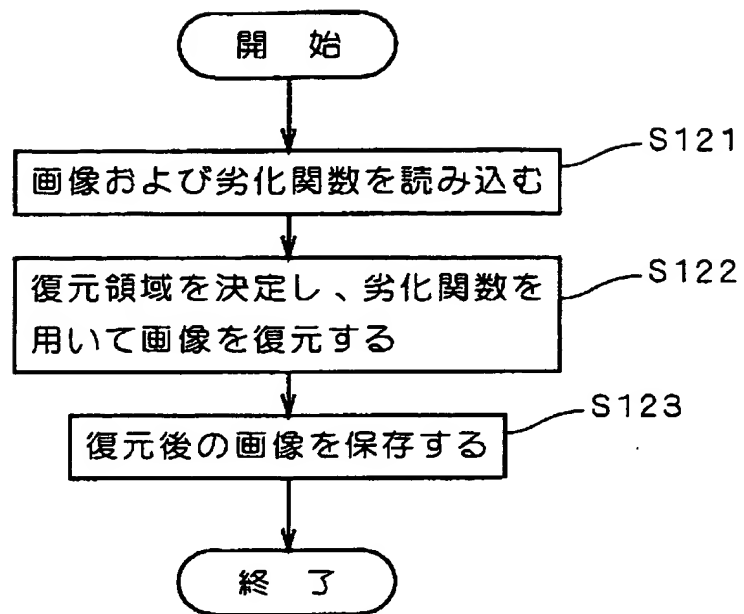
【図 3 1】



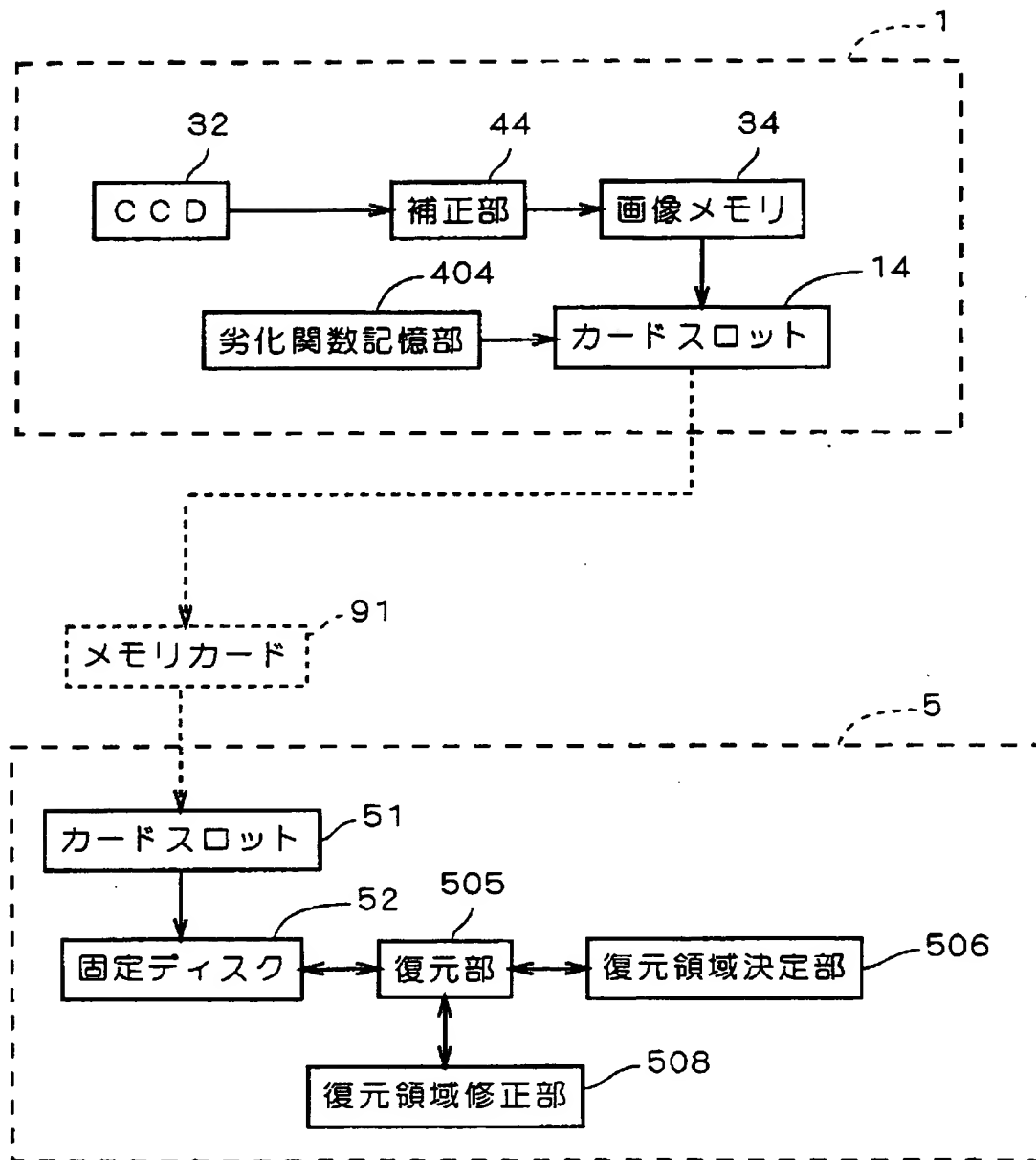
【図 3 2】



【図 33】



【図34】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 画像の劣化を適切に復元する。

【解決手段】 画像から所定のしきい値を求めた上で、復元すべき復元領域を決定する（ステップ S 2 1 1, S 2 1 2）。その後、画像の劣化特性を示す劣化関数を用いて復元領域において画像の復元を行う（ステップ S 2 1 3）。さらに、復元領域の境界の状態に基づいて復元領域の修正が必要か否かを判定し（ステップ S 2 1 4）、修正が必要な場合には復元領域を拡張した上で再度復元領域において復元を行う（ステップ S 2 1 6, S 2 1 3）。これにより、画像全体を復元する場合に生じるリングング等を防止することができ、画像の劣化を適切に復元することが実現される。

【選択図】 図 2 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006079]

1. 変更年月日	1994年 7月20日
[変更理由]	名称変更
住 所	大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
氏 名	ミノルタ株式会社